

Die
Untersuchung des Wassers

von

Dr. W. Ohlmüller

22/6.94.

51-

Chem. 242^o

Ohmüller.

H

Die
Untersuchung des Wassers.

Ein
Leitfaden zum Gebrauch im Laboratorium
für
Aerzte, Apotheker und Studirende.

Von

Dr. W. Ohlmüller,

Regierungsrath,
Mitglied des Kaiserlichen Gesundheitsamtes, Privatdocent der Hygiene an der
Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin.

Mit 74 Textabbildungen und einer Lichtdrucktafel.

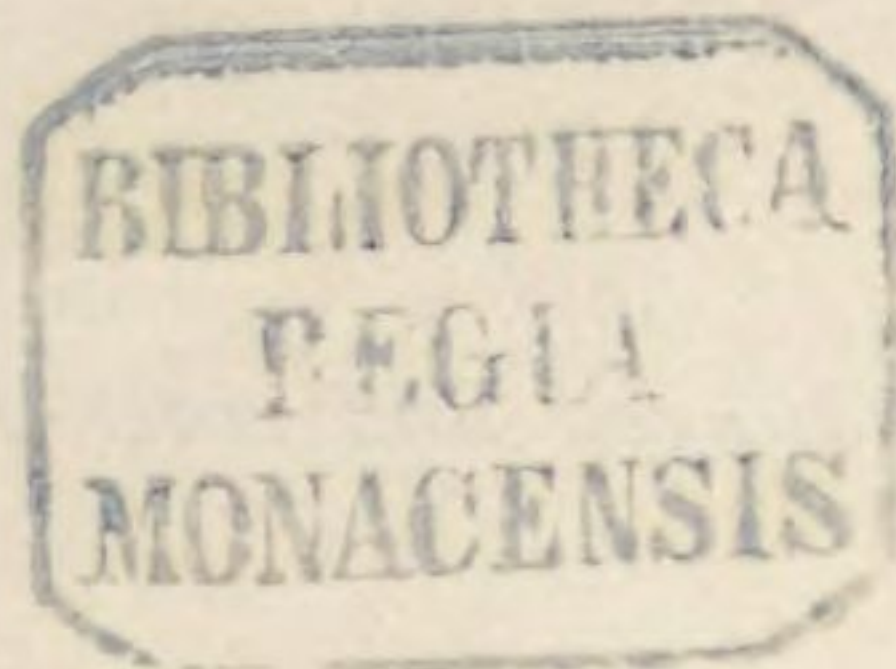


Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1894.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Uebersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.



Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

Herrn
Medicinalrath Dr. Gottlieb Merkel
zu Nürnberg

in dankbarer Verehrung

gewidmet

vom

V e r f a s s e r.

Herrn

Medicinalrath Dr. Gottlieb Merkel

zu Nürnberg

in dankbarer Verehrung

geheimt

von

Verfasser

Vorwort.

Mit vollem Rechte wurde von jeher seitens der Hygiene die grosse Bedeutung eines einwandfreien Wassers für die Erhaltung der Gesundheit betont. Demgemäss sind auch im Laufe der Zeit brauchbare Methoden für die Untersuchung und Beurtheilung desselben geschaffen worden, welche in vorzüglichen Werken zusammengefasst und niedergelegt sind. Obwohl in dieser Richtung kein Mangel besteht, so machte sich doch das Bedürfniss nach einem Buche geltend, das in kompendiöser Form als Leitfaden für solche Arbeiten im Laboratorium dienen kann. Die gebräuchlichen physikalischen, chemischen und bakteriologischen Untersuchungsmethoden sind in solcher Weise dargelegt, dass deren Ausführung auch dem weniger Geübten ohne Zuziehung von Specialwerken ermöglicht ist. Hieraus ergibt sich, dass der Inhalt des Buches nicht allein für Chemiker und Bakteriologen von Fach, sondern vornehmlich für Aerzte, Apotheker, sowie auch für Studirende bestimmt ist. Zur Orientirung in der formenreichen Fauna und Flora des Wassers sind Anweisungen gegeben. Für die Deutung der Untersuchungsergebnisse sind Anhaltspunkte insoweit mitgetheilt, als es der gegenwärtige Stand der Frage erlaubt.

Berlin, im März 1894.

Der Verfasser.

Literatur.

- Baumgarten, Jahresberichte über die Fortschritte in der Lehre von den pathogenen Mikroorganismen.
- Eisenberg, Bakteriologische Diagnostik.
- Eyferth, Die einfachsten Lebensformen des Thier- und Pflanzenreiches.
- Flügge, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden.
- Fraenkel, C. und Pfeiffer, R., Mikrophotographischer Atlas der Bakterienkunde.
- Fresenius, Anleitung zur chemischen Analyse.
- Günther, Einführung in das Studium der Bakteriologie mit besonderer Berücksichtigung der mikroskopischen Technik.
- Hüppe, Die Methoden der Bakterienforschung.
- Kirchner und Blochmann, Die mikroskopische Pflanzen- und Thierwelt des Süßwassers.
- Koch, Ueber den augenblicklichen Stand der Choleradiagnose. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten. 14. Bd.
- Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene.
- Leunis, Synopsis der drei Naturreiche.
- Lustig, Die Diagnostik der Bakterien des Wassers.
- Pfeiffer, R., Untersuchungen über das Cholera Gift. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten. 11. Bd.
- Rubner, Lehrbuch der Hygiene.
- Tiemann-Gaertner, Die chemische und mikroskopisch-bakteriologische Untersuchung des Wassers.
- Wolffhügel, Wasserversorgung. Pettenkofer-Ziemssen's Handbuch der Hygiene.
-

Inhalts-Verzeichniss.

Einleitung.	Seite
Das Wasser als Lebensbedingung	1
Das Wasser als Nahrungsstoff, Genussmittel und Gebrauchsmittel . .	2
Allgemeines über die Beschaffenheit des Wassers in der Natur . .	2
Kreislauf des Wassers in der Natur	2
Veränderungen des Wassers während seines Kreislaufes	3
 I. Die Probenentnahme.	
Allgemeine Regeln	5
Probenentnahme aus Quellen, Brunnen, Wasserleitungen, Flüssen, Teichen, Seen, Bohrlöchern, artesischen Brunnen	6
Ausführung der Probenentnahme	7
Die Menge des zu entnehmenden Wassers	9
Die Temperatur der Probe	10
Vorläufige Prüfung durch Gesicht, Geschmack und Geruch und durch Reaktion	10
Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse	11
Berücksichtigung der meteorologischen Verhältnisse	13
 II. Die physikalische Prüfung des Wassers.	
Werth der physikalischen Prüfung	15
Bestimmung der Temperatur	15
Bestimmung der Färbung	16
Bestimmung des specifischen Gewichts	17
Bestimmung des Geruchs	19
Bestimmung des Geschmacks	19
 III. Die chemische Untersuchung des Wassers.	
Bedeutung der chemischen Untersuchung des Wassers	20
Bestimmung der suspendirten Substanzen	20
Bestimmung des Rückstands und Glühverlustes	21
Bestimmung der organischen Substanzen nach Kubel-Tiemann . . .	23
Bestimmung des Chlors	27
Qualitativer Nachweis	27
Gewichtsanalytische Bestimmung	27
Titrimetrische Bestimmung nach Mohr	28
Bestimmung der Schwefelsäure	30
Qualitativer Nachweis	30
Gewichtsanalytische Bestimmung	30
Titrimetrische Bestimmung nach Wildenstein	31

	Seite
Bestimmung des Schwefelwasserstoffs	33
Qualitativer Nachweis	33
Quantitative Bestimmung auf kolorimetrischem Wege	34
Bestimmung der Kohlensäure	36
Qualitativer Nachweis der gesammten Kohlensäure	37
Qualitativer Nachweis der freien Kohlensäure	37
Qualitativer Nachweis der völlig gebundenen Kohlensäure	37
Quantitative Bestimmung der gesammten Kohlensäure durch Wägung	37
Quantitative Bestimmung der gesammten Kohlensäure durch Titrirung nach Pettenkofer	41
Quantitative Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlen- säure durch Titrirung nach Pettenkofer	45
Quantitative Bestimmung der freien Kohlensäure	46
Bestimmung der Salpetersäure	47
Qualitativer Nachweis	47
Titrimetrische Bestimmung nach Marx-Trommsdorff	48
Bestimmung der salpetrigen Säure	50
Qualitativer Nachweis	50
Kolorimetrische Bestimmung nach Trommsdorff	51
Bestimmung der Phosphorsäure	54
Qualitativer Nachweis	54
Gewichtsbestimmung durch Wägung als Ammoniumphosphomolybdat	55
Gewichtsbestimmung durch Wägung als Magnesiumpyrophosphat	56
Bestimmung des Sauerstoffs	57
Bestimmung der Erdalkalien. — Calcium und Magnesium	57
Qualitativer Nachweis des Calciums	57
Qualitativer Nachweis des Magnesiums	58
Gewichtsanalytische Bestimmung des Calciums und des Magnesiums	58
Titrimetrische Bestimmung des Kalks nach Mohr	60
Bestimmung der Härte des Wassers	62
Gesamte, permanente, temporäre Härte.	63
Härtebestimmung nach Clark	63
Bestimmung der Alkalimetalle	67
Bestimmung des Kaliums als Kaliumchlorid	68
Bestimmung des Natriums als Natriumchlorid	69
Bestimmung des Ammoniaks	69
Qualitativer Nachweis	69
Kolorimetrische Bestimmung nach Frankland und Armstrong	70
Bestimmung der Kieselsäure	72
Bestimmung der Thonerde	73
Bestimmung des Eisens	74
Qualitativer Nachweis	74
Kolorimetrische Bestimmung	75
Bestimmung von Blei, Kupfer, Zink und Arsen	77
Qualitativer Nachweis von Blei	77
Qualitativer Nachweis von Kupfer	77
Qualitativer Nachweis von Zink	77
Qualitativer Nachweis von Arsen	78
Gewichtsanalytische Bestimmung des Bleies	80
Kolorimetrische Bestimmung des Bleies	81
Gewichtsanalytische Bestimmung des Kupfers	82
Kolorimetrische Bestimmung des Kupfers	82

	Seite
Gewichtsanalytische Bestimmung des Zinks	82
Kolorimetrische Bestimmung des Zinks	83
Allgemeine Bemerkungen über den Gang der chemischen Analyse	83
Zusammenstellung der Ergebnisse der chemischen Analyse	85

IV. Die mikroskopische Untersuchung des Wassers.

A. Dem Wasser beigemischte Bestandtheile	88
Anorganischer Natur: Thon, Lehm, Quarz, andere mineralische Bestandtheile	89
Organischer Natur: Reste von Pflanzen und Thieren	89
Desgleichen als Abfallstoffe des menschlichen Haushalts-Verkehrs wie Wolle, Baumwolle, Hanf, Flachs, Seide, Haare, Stärkekörner	89
Stoffe fäkalen Ursprungs: Muskelfasern, Eier von Darmparasiten	91
des Bothriocephalus latus	92
der Taenia saginata	92
der Taenia solium	92
des Ascaris lumbricoides	92
des Oxyuris vermicularis	93
des Trichocephalus dispar	93
des Distomum hepaticum	93
des Distomum lanceolatum	93
B. Im Wasser lebende Organismen	94
a) thierische	94
1. Rhizopoden	94
2. Infusorien	95
die Flagellatae	96
die Acinetinae	97
die Ciliatae (Holotricha, Heterotricha u. Hypotricha)	97
3. Rotatorien	99
4. Vermes	99
5. Arthropoden	100
b) pflanzliche	100
1. Algen	100
2. Schimmelpilze	102
3. Hefepilze	103
4. Fadenbakterien	104
Beggiatoen	104
Crenothrix	105
Cladothrix	106

V. Die bakteriologische Untersuchung des Wassers.

Vorbemerkung	107
Formen der Bakterien	107
Mikrococcen	107
Staphylococcen	107
Streptococcen	107
Ovale Coccen	107
Bacillen	108
Vibrionen	108
Spirillen	108

	Seite
Bau der Bakterien	108
Sporenbildung	108
Die Herkunft der Bakterien	109
Die Vermehrungsfähigkeit der Bakterien im Wasser . . .	112
Nachweis der Bakterien	113
Vorsichtsmaassregeln bei der Entnahme des Wassers für die bakteriologische Untersuchung	114
Die Bereitung der Nährböden	117
1. Die Nährgelatine	117
2. Das Nähragar	121
3. Die Nährbouillon	123
4. Das Blutserum	123
5. Die Kartoffel als Nährboden	125
Die Ausführung der bakteriologischen Untersuchung des Wassers	127
1. Die Isolirung der Keime	127
Die Gelatine- oder Agar-Platte	128
Doppelschalen nach Petri	131
Rollröhrchen nach Esmarch	132
2. Bestimmung der Anzahl der Keime	133
3. Bestimmung der Arten der Keime	138
a) das makroskopische Aussehen der Kolonien	139
b) das mikroskopische Aussehen der Kolonien	139
c) Beobachtung der Lagerung der Bakterien in der Kolonie	141
d) Beobachtung der Form der Bakterien	141
e) Die Darstellung der Farblösungen	143
f) Beobachtung der Bakterienbewegung	145
g) Die Beobachtung der Bakterien als Reinkultur . . .	146
Die Stichkultur	146
Die Strichkultur	147
Die Bouillonkultur	147
h) Der Ausschluss des Sauerstoffs bei der Züchtung .	149
Aëroben	149
Anaëroben	149
i) Das Thierexperiment	150
Subkutane Verimpfung	150
Verfütterung	151
Inhalation	151
4. Einige Bemerkungen über den Nachweis patho- gener Mikroorganismen	152
a) des Typhusbacillus	153
b) des Cholera vibrio	154
VI. Beurtheilung der Untersuchungsergebnisse . . .	159
Anhang. Atomgewichte nach L. Meyer und Seubert auf eine Deci- male abgekürzt	171
Sachregister	173

Einleitung.

Eine hervorragende Rolle ist im Haushalt der Natur dem Wasser zugetheilt. Wir staunen über die Summe von Arbeit, welche es in nie rastender Thätigkeit an der Erdrinde vollbringt, hier die Bestandtheile des todtten Steinreichs lösend und zerstörend, dort sie wieder ablagernd und zu anderen Formen aufbauend. Das Pflanzen-, das Thierreich können wir uns ohne seine Gegenwart nicht vorstellen. Die Thätigkeit der Zellen, aus welchen die Repräsentanten dieser beiden Reiche sich zusammensetzen, ist an das Vorhandensein des Wassers gebunden. Es bleibt daher das Wasser ein unbedingtes Erforderniss für die Erhaltung jeglicher Lebensthätigkeit; die Menge desselben, welche durch den Lebensprocess ausgeschieden wird, muss wieder ersetzt werden. Betrachten wir den Werth des Wassers in unserem Körper, so finden wir, dass durch Hunger der gesammte Fettvorrath, ja ein beträchtlicher Theil des Eiweisses zu Verlust gehen kann ohne direkte Gefährdung des Lebens, dass dagegen viel geringere Verluste des ihn mitbildenden Wassers Störungen des Wohlbefindens und der Gesundheit hervorrufen, welche bei weiterer Steigerung die Existenz des Lebens bedrohen. Bei Thieren zeigte das Experiment schon Störungen des körperlichen Befindens bei einer Verminderung des Wasserbestandes von 10⁰/₀, bei einer solchen über 20⁰/₀ trat der Tod ein.

Es ist daher eine der wichtigsten Aufgaben unserer Ernährung, das Wasser stetig wieder durch Genuss zu ersetzen, welches durch Verdampfung von der Hautoberfläche, durch die Athmung, durch die Abscheidungen der Nieren und des Darmkanals verloren geht. Das Wasser ist somit für uns ein unentbehrlicher Nahrungsstoff. Wir nehmen dasselbe zum Theil als konstanten Bestandtheil unserer Nahrungsmittel auf, jedoch

ist diese Menge nicht immer ausreichend; wir geniessen es auch in der freien Form, in der es die Natur uns bietet. In dieser letzteren schätzen wir es auch als Genussmittel; es erfrischt uns als Getränk, indem es das Durstgefühl beseitigt, und es befördert die Verdauung durch seine lösenden Eigenschaften. Weiterhin ist das Wasser ein wichtiges Gebrauchsmittel. Wir bedienen uns desselben zur Herstellung der Speisen; es trägt zur Beförderung unseres Wohlbefindens und der Gesundheit bei, indem wir es einerseits zur Pflege unserer Haut, zum Waschen und Baden benutzen, andererseits unsere Kleidung und Wohnung sowie der letzteren Umgebung damit reinhalten und hierdurch Stoffe entfernen, deren Nähe uns unbequem oder nachtheilig werden kann. — Nicht unerwähnt darf die Verwendung des Wassers zu verschiedenen gewerblichen Zwecken bleiben.

Das Wasser, welches uns die Natur bietet, stellt niemals den chemisch reinen Körper, bestehend aus Wasserstoff und Sauerstoff, dar, sondern es sind in demselben Bestandtheile verschiedenster Art gelöst oder suspendirt, deren Menge einem stetigen Wechsel unterworfen ist. Die Veränderung des Wassers entsteht auf den Wegen, welche es in der Natur zurücklegt. So vielfach verschlungen auch diese sind, so kehren sie doch immer zum gleichen Anfangspunkte zurück, so dass man mit Recht von einem Kreislauf des Wassers spricht. Betrachten wir den Verlauf desselben und die hierdurch bedingten Veränderungen in der Zusammensetzung des Wassers etwas näher.

Von der Oberfläche des festen Landes und insbesondere von der des Wassers, von dem Meere und den Flüssen, Seen und dgl., verdampfen fortwährend beträchtliche Mengen von Wasser, welche in Dampfform in die Luft übergehen. / Die Fähigkeit der Luft, das Wasser in dieser Gestalt zu erhalten, ist von der Temperatur derselben abhängig und vermindert sich mit der Abnahme der letzteren. / Gelangt nun die warme, mit Wasserdampf gesättigte Luft in höhere, kältere Regionen der Atmosphäre, so scheidet sich ein Theil des Wassers in Form von Nebel aus; es führt zunächst dieser Vorgang zur Wolkenbildung und bei einer weiteren Steigerung zur Entstehung von Niederschlägen, welche das ursprünglich verdampfte Wasser der Erdoberfläche in flüssiger oder fester Form (Regen bezw. Schnee oder Hagel) wieder zuführen. Schon während seiner Wanderung durch die

Atmosphäre erleidet das Wasser Veränderungen; es werden von demselben Bestandtheile der Luft, insbesondere Kohlensäure und Sauerstoff, mitunter auch zufällig vorhandene fremdartige Gase, wie Schwefelwasserstoff, Schweflige Säure, Ammoniak, aufgenommen; der niederfallende Regen nimmt auch den in der Atmosphäre fliegenden Staub auf. Gelangt das Wasser auf die Bodenoberfläche, so erfolgen noch weitergehende Veränderungen seiner Zusammensetzung, die man vielfach als Verunreinigung wird bezeichnen müssen: es nimmt anorganische und organische Substanzen in Lösung und unlösliche Theilchen mischen sich ihm bei, theils bestehend aus todter Materie, theils die niedersten Pflanzengebilde darstellend, die Bakterien, welche sich allenthalben in den obersten Bodenschichten finden. Das Niederschlagswasser nimmt nun seinen Weg in dreifacher Richtung; zum Theil fließt es als Oberflächenwasser weiter, zum Theil kehrt es in Dampfform zur Atmosphäre zurück und ein dritter Theil sinkt in den Boden ein. Das Schicksal des letzteren interessirt uns zunächst. Zu Folge seiner Schwere sucht das bewegliche Wasser auf dem Wege der Poren des Bodens den tiefsten Punkt auf und gelangt schliesslich auf eine undurchlässige Bodenschicht, deren Neigung entsprechend es sich als Grundwasser weiter bewegt, um schliesslich unter geeigneten geologischen Verhältnissen als Quelle zu Tage zu treten und sich mit dem oberflächlich strömenden Wasser wieder zu vereinigen. Auf seinem Wege durch die Erde erfährt das Wasser gewissermaassen einen Läuterungsprocess. Zunächst wirken die vielverzweigten feinen Poren des Bodens wie ein Filter und scheiden die ungelösten Bestandtheile ab. Nebenher üben in den oberen Bodenschichten befindliche Bakterien ihre zersetzende Thätigkeit auf anorganische und namentlich organische Stoffe aus, weiterhin werden Oxydationsvorgänge von Seite des aus der Luft absorbirten Sauerstoffs eingeleitet, deren Endresultat die Zerlegung der oxydirbaren Stoffe ist. Eine Ausscheidung gewisser gelöster Stoffe findet ihre Erklärung in der physikalischen Eigenschaft des Bodens, bestimmte Körper aus Lösungen zurückzubehalten. Durch die Absorption von Kohlensäure, an welcher die Grundluft sehr reich ist, erlangt das Wasser eine höhere Lösungsfähigkeit, indem es einfachkohlensaure unlösliche Verbindungen (Kalk, Magnesia, Eisen) in lösliche Bikarbonate

umzuwandeln vermag; hierdurch sind derartige Veränderungen seiner Zusammensetzung bedingt, welche sich vorzüglich an die Art der durchwanderten Bodenformation anlehnen.

Nach Vollendung seines unterirdischen Weges stellt das Wasser eine Lösung anorganischer Salze dar, die sehr arm an organischen Stoffen ist. Nicht lange behält es diese Eigenschaften eines guten und gesunden Quellwassers bei; als oberflächlich fließendes Wasser ist es mancherlei Art von Verunreinigungen ausgesetzt. Wie wir oben gesehen haben, fließt ein Theil des Niederschlagswassers ab und dieses bringt mit sich schwimmende und gelöste, von der Erdrinde herstammende Stoffe, welche das Quellwasser verunreinigen. Wind und Wetter führen den zu Tage liegenden Gewässern fäulnissfähige Stoffe zu, die Strömung des kleinsten Rinnsals wie des grössten Flusses, die Wellenbewegung des Teiches wie des Meeres nimmt stets Bestandtheile vom Ufer und vom Grunde weg. Es kommt noch hinzu, dass das Wasser auf seinem Wege bis zum Meere durch die Zufuhr der Abwässer aus menschlichen Ansiedlungen oder aus gewerblichen Betrieben noch mancher Verunreinigung ausgesetzt ist. Zwar erfährt dasselbe auch auf seinem oberirdischen Laufe, ebenso wie auf dem unterirdischen eine Reinigung (Selbstreinigung), jedoch ist diese nicht so vollständig. Hat das Wasser die Erdoberfläche wieder als Quelle erreicht, so geht neben den geschilderten Veränderungen seiner Zusammensetzung auch die Verdampfung wieder einher, und mit dieser Rückkehr des Wassers in die Atmosphäre beginnt der Kreislauf von Neuem.

Nicht in jeder Form, in welcher uns das Wasser auf seinen Wegen begegnet, ist dasselbe zu den oben angedeuteten Zwecken als Nahrungsstoff, Genussmittel und Gebrauchsmittel geeignet; wir fordern gewisse Eigenschaften. Diese auf dem Wege zweckmässiger Untersuchung kennen zu lernen, um auf Grund solcher Erkenntniss sich ein zutreffendes Urtheil über die Beschaffenheit eines Wassers zu bilden, soll der Zweck der nachstehenden Kapitel sein.

I. Die Probenentnahme.

Allgemeine Regeln.

Für die maassgebende Beurtheilung eines Wassers ist vor Allem die Erzielung einer Durchschnittsprobe erforderlich, welche zufällige Verunreinigungen und namentlich solche, welche durch die Art der Entnahme bedingt sein können, ausschliesst. Die zu treffenden Maassnahmen werden nach der Oertlichkeit und insbesondere nach der Zugänglichkeit des Wassers einzurichten sein.

Die einfachste Art der Beschaffung eines Wassers zu Genuss- und Gebrauchszwecken ist die Benutzung einer Quelle, d. h. desjenigen Grundwassers, welches auf natürlichem Wege zu Tage tritt. In diesen Fällen kann die von Natur aus vorhandene Austrittsstelle erhalten sein, oder sie ist durch Einfassung (Ummauerung und dergl.) zu einem grösseren Behälter umgestaltet, oder das Wasser ist durch Einlegung eines Rohres oder einer Rinne zum Ausfluss an einem bestimmten Punkte gezwungen. Bei den erstgenannten Formen von Quellen wird zu berücksichtigen sein, dass man sowohl Verunreinigungen, welche die Oberfläche des Wassers bedecken, wie schwimmende Theile von Blättern, Pollenkörner, Algen, Staub, vermeidet, als auch ein Aufrühren des Schlammes, der durch Ablagerungen organischer oder anorganischer Natur gebildet ist, thunlichst verhütet. Das Vorhandensein eines Ausflussrohres schliesst solche Befürchtungen (namentlich hinsichtlich der Oberflächenbeschaffenheit des Wassers) nicht immer vollkommen aus; jedoch ist die direkte Füllung des Entnahmegefässes zulässig, da man hierdurch gewiss eine Probe des Wassers erlangen wird, wie solches zur Verwendung kommt.

Sobald das Grundwasser nicht freiwillig zu Tage tritt, sondern erst durch Pumpvorrichtungen gehoben werden muss, ist ein 10 Minuten langes Abpumpen der Entnahme vorzuschicken, um das in den Röhren stagnirende Wasser zu beseitigen und eine Spülung derselben zu bewerkstelligen.

In gleicher Weise wird man auch das Wasser, welches mittelst eines Rohrnetzes zur Benutzung übergeben wird, sei es, dass es aus einer Quelle kommt oder als Oberflächenwasser durch Reinigungsvorrichtung zum Gebrauche geeignet gemacht worden ist, immer nur an einer vielgebrauchten Zapfstelle entnehmen, nachdem man mindestens 10 Minuten lang hat ablaufen lassen.

Besondere Vorsichtsmaassregeln erfordert die Entnahme aus Flüssen, Teichen und Seen. Wie bei der offenen Quelle wird man Annäherung an die Oberfläche oder den Grund vermeiden. Es mag die Frage auftreten, soll man seichte oder tiefe Stellen wählen oder soll man den Mittelweg beschreiten, soll man sich an die Mitte oder den Rand des Gewässers halten. Hier bieten sich aus den verschiedensten Ursachen unüberwindliche Schwierigkeiten für die Erzielung einer Durchschnittsprobe, so dass man zur Entnahme mehrerer, oft sogar vieler Proben genöthigt sein wird. Jedenfalls wird man immer die Untersuchung auf Stellen oberhalb und unterhalb der vermutheten Verunreinigungen ausdehnen, um zu verwerthbaren Vergleichszahlen zu gelangen.

Bei Gewässern ohne oder nur mit geringer Bewegung, welche eine Beimengung salzhaltigen Wassers vermuthen lassen, wird man nicht nur an den seichten, sondern auch an den tiefen Stellen, und an letzteren stets auch vom Grunde Proben schöpfen, da diese Verunreinigung in Folge ihres höheren specifischen Gewichtes das Bestreben hat, tiefer gelegene Stellen aufzusuchen. Die Diffusion kann diese Erscheinung nicht immer vollständig ausgleichen; dieselbe bleibt manchmal sogar bei relativ starker Strömung noch auf verhältnissmässig lange Strecken des Wasserlaufes bestehen. Zu grosse Annäherung an den Uferrand ist zu widerrathen, falls dieselbe nicht aus besonderen Gründen erwünscht erscheint.

Für die Beurtheilung der Verunreinigung solcher Wasserflächen ist es oft zweckdienlich, die Beschaffenheits des Grundes

kennen zu lernen, um aus der Menge und Beschaffenheit der Sinkstoffe, welche sich abgelagert haben, Schlüsse zu ziehen.

Die Entnahme von Wasser aus Bohrlöchern, welche zum Aufschliessen desselben in grösseren Tiefen an der Erdoberfläche angelegt werden, erfordert besondere Maassnahmen, welche an geeigneter Stelle geschildert werden (vgl. S. 9), insofern nicht das Wasser zwischen zwei undurchlässige Schichten eingeschlossen unter einem gewissen Druck steht, so dass es in der Form des artesischen Brunnens zu Tage kommt. In diesem Falle wird man die Probe direkt entnehmen können.

Ausführung der Probenentnahme.

Am zweckmässigsten füllt man die Wasserprobe in eine Glasflasche mit eingeriebenem Glasstöpsel, welcher während des Transportes mit einer Gummikappe überzogen wird. Diese Gefässe sind solchen aus Steingut oder Thon gefertigten immer vorzuziehen, weil man sich bei der Durchsichtigkeit derselben von der Reinheit der inneren Oberfläche jederzeit überzeugen kann. Vor dem Gebrauch ist eine solche Flasche mittelst gewöhnlichen Wassers, nach Umständen durch die Verwendung von Schwefelsäure vollkommen zu reinigen und hierauf mit destillirtem Wasser so lange nachzuspülen, bis man überzeugt ist, dass jede Spur des Reinigungsmittels (namentlich der Säure) beseitigt ist.

Man kann hierauf die offenen Flaschen zum Trockenwerden umgekehrt hinstellen und dieses beschleunigen durch Einlage eines zusammengerollten Streifens Filtrirpapier, welchen man in den Hals hineinsteckt und über denselben hervorragen lässt. Die definitive Füllung mit dem zu prüfenden Wasser darf erst erfolgen, nachdem man mit demselben das Gefäss mehrmals unter kräftigem Umschütteln ausgespült hat.

Das Schöpfen von Proben aus Oberflächen-Gewässern oder Kesselbrunnen, die mit einer Pumpe nicht versehen sind, erheischt eine Vorrichtung, welche die Entnahme in jeder beliebigen Tiefe ermöglicht. Dieser Forderung entspricht der von Heyroth konstruirte, in nebenstehenden Skizzen dargestellte Entnahmekorb. (Fig. 1.) Derselbe ist aus einem Drahtgeflecht hergestellt, welches zur besseren Haltbarkeit durch Metalleisten und -Stäbe verstärkt ist. Im Boden ist eine Bleiplatte eingelassen, um ein

rasches Untersinken zu bewerkstelligen. Das Innere des Korbes, welches die Entnahmeflasche aufnimmt, ist deren Grösse angepasst und zum Schutz derselben in entsprechender Weise mit Gummibelag ausgestattet. Am Deckel befindet sich ein Federventil zum Verschluss des Flaschenmundes. Der mit der Flasche (ohne Stöpsel) beschickte Korb wird mittelst einer in halbe Meter eingetheilten Leine bis zur gewünschten Wassertiefe eingesenkt, hierauf wird durch Anziehen einer zweiten am Ventil befindlichen Leine dieses geöffnet. Das immerhin grosse Gewicht des Instrumentes ermöglicht auch Tiefmessungen bei noch mässig starker Strömung unbeschadet des Inhalts der bereits gefüllten oder noch leeren Flasche. In der Regel wird man sich jedoch besser vorher über die Tiefe des Gewässers vergewissern und sich hiernach bei der Entnahme richten.

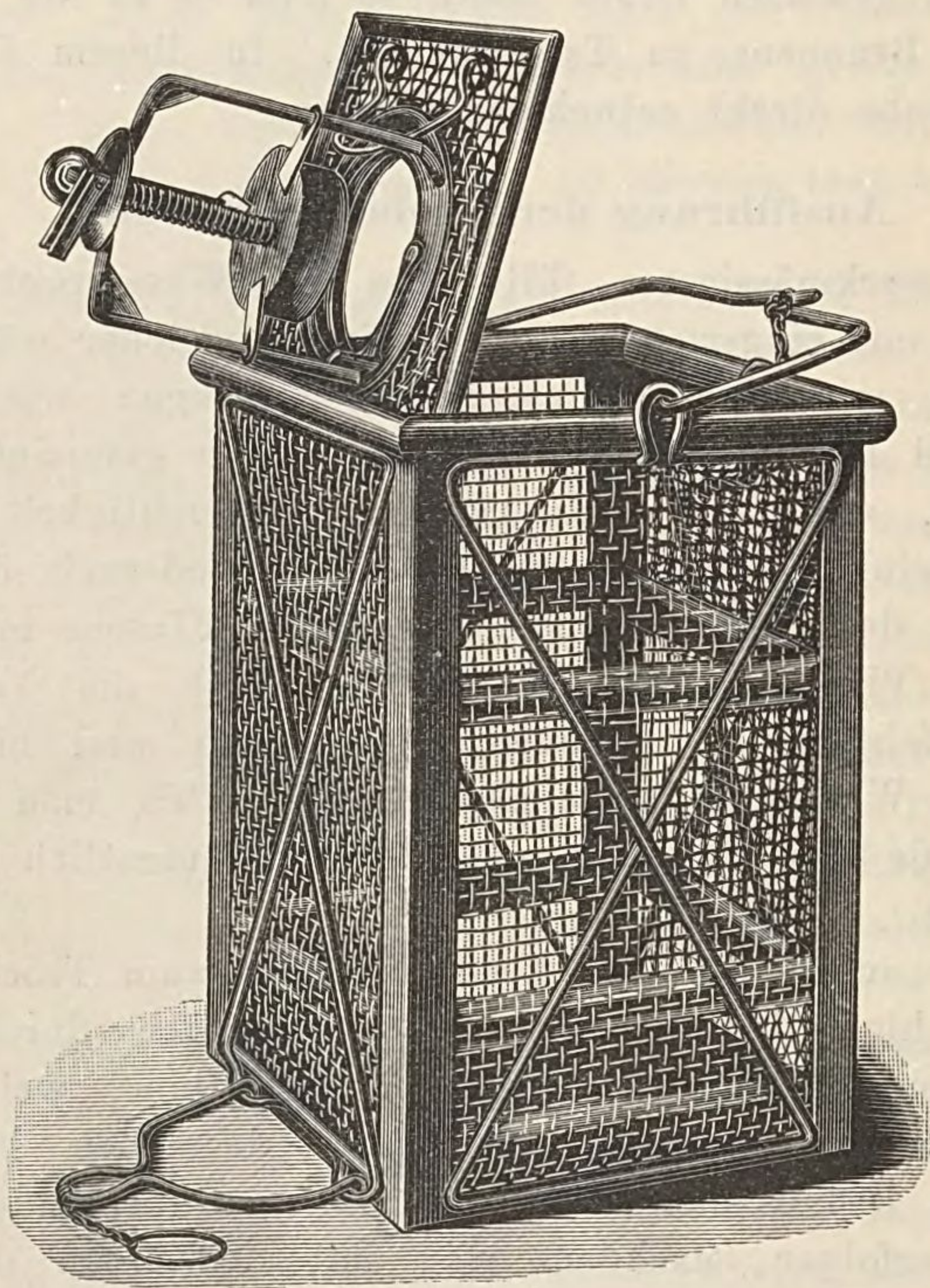


Fig. 1.

Für die Entnahme von Wasserproben aus Bohrlöchern ist von Lepsius ein sehr zweckmässiger Apparat (Fig. 2) angegeben worden. Ein Gestelle trägt ein becherglasähnliches Gefäss B und einen nach unten gerichteten Glaskolben A. In die Mündung des letzteren sind zwei Glasrohre eingefügt, von welchen das eine, offene a, nach oben umgebogen, das andere b unten zu einer Kapillare ausgezogen und abgeschmolzen ist. Der Kolben und das erstere Glasrohr werden vollständig mit Quecksilber gefüllt und die Kapillare des anderen Rohres mit einer Leine c versehen. So hergerichtet versenkt man das Instrument mittelst eines tragfähigen Drahtseiles in die gewünschte Tiefe und bricht die Kapillare durch Ziehen an der Leine ab. Das Quecksilber ergiesst sich hierauf in das untere Gefäss und saugt durch das aufwärts gerichtete Rohr Wasser in den Kolben nach. Hat man die Wasserprobe zu Tage gefördert, so wird man dieselbe selbstverständlich für den Transport in eine andere Flasche umfüllen und das Instrument für eine weitere Entnahme in entsprechender Weise herrichten.

Die Menge des zu entnehmenden Wassers.

Bestimmte Vorschriften über die Menge des zu entnehmenden Wassers zu geben, ist schwierig, da es einerseits von der Gewandtheit des Einzelnen abhängt, die Reihenfolge der nöthigen Bestimmungen praktisch zu gruppiren, und es andererseits nur in seltenen Fällen erforderlich sein wird, die Untersuchung auf alle allenfalls möglichen Bestandtheile des Wassers auszudehnen.

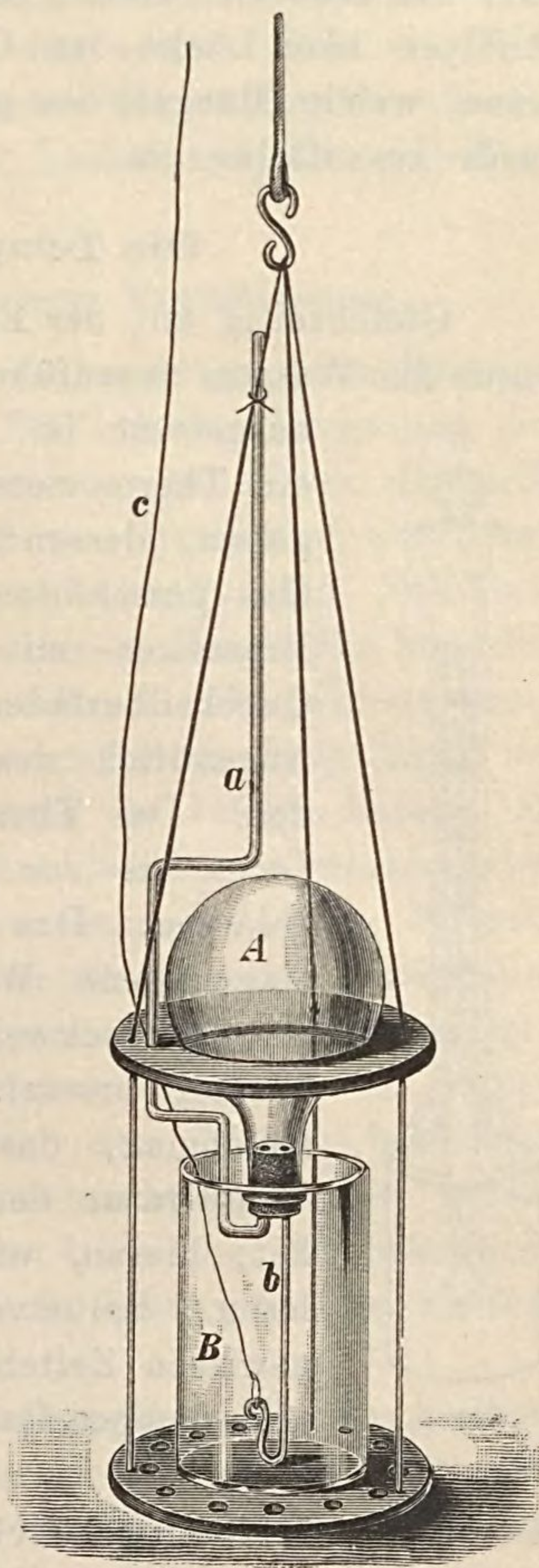


Fig. 2.

Anhaltspunkte ergeben die bei der Beschreibung der verschiedenen Analysen angeführten Quantitäten, welche für eine zuverlässige Ausführung derselben erforderlich sind. Durchschnittlich wird eine Probe von ungefähr 2 l genügen; jedoch kann ein „Zuviel“ hier nie schaden, zumal ein Misslingen der einen oder anderen Analyse eine Lücke im Gesamtergebniss im Gefolge haben kann, welche Mangels des gleichen Untersuchungsmateriales nicht mehr auszufüllen ist.

Die Temperatur der Probe.

Gleichzeitig mit der Entnahme ist die Prüfung der Temperatur des Wassers auszuführen, da diese sofortigen Veränderungen ausgesetzt ist. Pettenkofer hat für diesen Zweck ein Thermometer (Schöpfthermometer, Fig. 3) angegeben, dessen Kugel mit einem oben offenen Gefäss umschlossen ist. Das letztere füllt sich beim Einsenken mit Wasser, wodurch Bewegungen des Quecksilberfadens durch äussere Einflüsse bis zum Augenblick des Ablesens thunlichst beseitigt werden. Das Thermometer wird an einer eingetheilten Leine bis zur beabsichtigten Entnahmetiefe herabgelassen. Das hierbei in das umschliessende Gefäss eingetretene Wasser wird durch mehrmals ausgeführtes, ruckweises Anziehen durch das zu prüfende Wasser ersetzt. Nach mehreren Minuten darf man annehmen, dass sich das Thermometer auf die Temperatur der jeweiligen Wasserschicht eingestellt hat; hierauf wird es rasch herausgezogen und abgelesen. Selbstverständlich muss das Thermometer in gewissen Zeitabständen auf seine Richtigkeit geprüft und demgemäss mit Korrektion versehen werden.

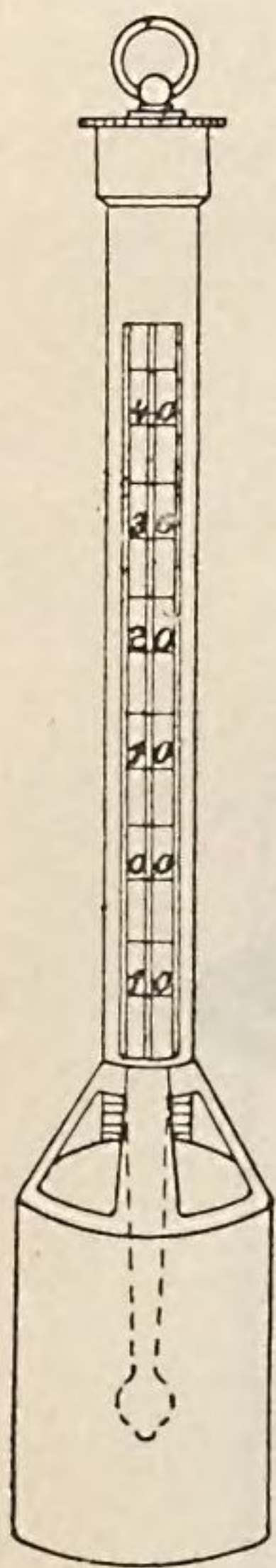


Fig. 3.

Vorläufige Prüfung durch Gesicht, Geschmack, Geruch und Reaktion.

Es ist von Vorthail, bei der entnommenen Probe die Beobachtungen gleich zu verzeichnen, welche durch die eben bezeichneten Sinnesorgane gemacht werden können; sind die Ergebnisse dieser Prüfung auch nicht maassgebend, so bieten sie doch oft einen Behelf für die nachträglich auszuführende physi-

kalische und chemische Untersuchung. Man wird sich von der Färbung des Wassers überzeugen und zu beurtheilen versuchen, ob etwaige Trübungen durch grössere oder feinere schwimmende Bestandtheile verursacht sind. Das Aussehen des Wassers rechtfertigt manchmal eine vermuthete Verunreinigung und der Geschmack und Geruch sind oft geradezu leitend für die weitere Wahl des Entnahmeortes. In gleichem Sinne muss eine Vorprüfung der chemischen Reaktion durch empfindliches Lackmuspapier aufgefasst werden.

Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse.

Um die Ursachen und Wege der Verunreinigung von Wässern zu erforschen, muss eine sorgfältige Prüfung der Umgebung der Probenentnahme vorausgeschickt werden. In dieser Hinsicht kommen in Betracht die Nachbarschaft von Ortschaften und deren Einrichtungen zur Entfernung der Abfallstoffe und Fäkalien, Fabriken und der Beseitigung der Abwässer, Bergwerke hinsichtlich der Beschaffenheit ihrer Stollenwässer. Der Inhalt einer durchlässigen Düngergrube oder eines undichten Siels kann beträchtliche Verunreinigungen bei Brunnen im Gefolge haben. Es wird ferner in manchen Fällen die Art des Landwirthschaftsbetriebes zu berücksichtigen sein, ob vorwiegend Acker-, Wiesen- oder Waldkultur vorhanden ist, ob Stalldünger oder sogenannter künstlicher (Kainit, Phosphorit, Thomasschlacke, Gips u. dgl.) zur Verwendung kommen. — Ausgedehnte Flächen von Sumpf, Moor- oder Torfablagerungen verleihen dem Wasser bestimmte Eigenschaften; es nimmt mitunter Huminsubstanzen auf, welche demselben in gelöstem Zustande eine gelbliche bis bräunliche Farbe verleihen, oder im ungelösten als braunschwarze Flocken ausfallen.

Nicht unbeachtet darf die Beschaffenheit des Bodens bleiben. Für die Zusammensetzung des Wassers ist die Art der geologischen Formation maassgebend, indem dasselbe in Folge seiner lösenden Kraft und durch die chemische Einwirkung bereits vorhandener Stoffe Bestandtheile des Bodens in sich aufnimmt. In sehr anschaulicher Weise kommen diese Vorgänge in den Untersuchungen von E. Reichardt zum Ausdruck.

100 000 Theile Wasser enthielten Theile:							
bei Quellwasser aus der Formation des	Abdampf- rückstand	Salpetersäure (N ₂ O ₅)	Chlor (Cl)	Schwefelsäure (SO ₃)	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)	Die darin vor- handenen orga- nischen Stoffe re- ducirten Theile K Mn O ₄
Granits { a	2,44	—	0,33	0,39	0,97	0,25	0,31
. { b	7,00	—	0,12	0,34	3,08	0,91	0,08
. { c	21,00	—	Spur	1,03	4,48	2,10	0,09
Melaphyrs	16,00	—	0,84	1,71	6,16	2,25	0,38
Basalts	15,00	—	Spur	0,34	3,16	2,80	0,04
Thonsteinporphyrs . . .	2,50	—	—	0,34	0,56	0,18	0,16
Thonschiefers { a	12,00	—	0,25	2,40	5,04	0,73	—
. { b	6,00	—	0,88	0,17	0,28	0,36	0,35
. { c	7,00	Spur	0,20	0,50	0,56	0,18	0,34
. { d	18,00	Spur	1,06	1,00	4,40	1,08	0,42
bunten Sandsteins . . { a	22,50	0,98	0,42	0,88	7,30	4,80	0,28
. { b	30,00	0,40	0,32	0,34	9,52	0,72	0,18
. { c	19,00	Spur	0,89	2,75	3,92	2,80	0,08
. { d	9,00	—	0,75	—	1,00	0,36	0,05
Muschelkalkes	32,50	0,02	0,37	1,37	12,90	2,90	0,14
dolomitischen Kalkes . .	41,80	0,23	Spur	3,40	14,00	6,50	0,11
bei einer Gipsquelle . .	236,50	Spur	1,61	110,83	76,60	12,25	Spur

Was die Verunreinigung von Flüssen betrifft, so darf ungeachtet der Ursache derselben der Charakter solcher Wasserläufe nicht ohne Berücksichtigung bleiben, da dieser für den Grad der Selbstreinigung bestimmend ist. Es würde zu weit führen, im vorliegenden Werke des Näheren auf das Schicksal fremder Stoffe im Flusswasser einzugehen, es sei vielmehr nur erwähnt, dass ausser der Thätigkeit der niederen Pflanzenwelt (Algen, Pilze und Bakterien im engeren Sinne) auch höhere pflanzliche Vegetationen an den Ufern und seichten Stellen von Bedeutung sind, und dass das Maass der Strömungsgeschwindigkeit eine hervorragende Rolle bei diesem thatsächlich bestehenden Vorgange spielt, dessen Zustandekommen im Einzelnen noch nicht genau bekannt ist. Abgesehen von diesen verwickelten Verhältnissen wird man bei der Probenentnahme schon auf die Bewegung des Wassers Bedacht nehmen müssen, da je nach dem Grade derselben eine innigere oder geringere Vermischung mit den jeweilig verunreinigenden Stoffen und eventuell eine Sedimentirung

des unlöslichen Antheils derselben zu Stande kommt und weiterhin die Sauerstoffaufnahme des Wassers davon abhängig ist. Es kommen hier die von Natur aus bestehenden Bedingungen für die Fortbewegung des Flusswassers in Betracht, wie beispielsweise die Abflachung des Geländes und dementsprechende Windung und Schlängelung des Flusslaufes. Nicht minder wichtig sind die von Menschenhand geschaffenen Behinderungen der Strömung in Form von Wehren und anderen Stauvorrichtungen. Der Vergleich von Proben ober- und unterhalb solcher Anlagen bietet oft einen sehr lehrreichen Einblick in die obwaltenden Verhältnisse.

In Fällen, wo die Menge der zugeführten Unrathstoffe als bekannt vorausgesetzt werden darf, wird hinsichtlich des Grades der Verunreinigung bzw. hinsichtlich der Verminderung derselben auf natürlichem Wege (Selbstreinigung) ein klares Bild erzielt, wenn man die relativen Zahlen der Analyse in absolute Werthe übersetzen kann. Dies setzt allerdings eine annähernd sichere Kenntniss der Flusswassermenge zur Zeit der Probenentnahme voraus. Es kann nicht Aufgabe des hygienischen Beurtheilers sein, in dieser Hinsicht eigene Ermittlungen anzustellen; vielmehr wird sich derselbe zur Erreichung seines Ziels mit den diesbezüglichen Behörden (Flussbauämtern) oder anderen Sachverständigen in's Benehmen setzen müssen.

Berücksichtigung meteorologischer Verhältnisse.

In vielen Fällen ist es angezeigt, gewissen meteorologischen Verhältnissen Beobachtung zu schenken. Bei flachen Oberflächengewässern oder bei solchen von geringer Strömung und insbesondere in der Nähe des Meeres (an den Mündungsstellen von Flüssen) ist die Stärke und die Richtung des Windes beeinflussend für die Zusammensetzung des Wassers. Auch die Menge der Niederschläge, welche der Untersuchung vorangegangen sind, ist von besonderer Bedeutung. Im Allgemeinen wird man zu grosse, plötzliche Regenmengen und anhaltende Trockenheit zu umgehen suchen, falls nicht einer dieser Zustände die Untersuchung wünschenswerth erscheinen lässt. Denn es ist eine bekannte Erfahrung, dass zu Tage liegende Wasserflächen nach starken Regengüssen mehr organische Substanzen führen, welche von den um-

liegenden Ländereien zugeschwemmt werden, und andererseits bei geringer Niederschlagsmenge mehr durch Grundwasser und Quellen versorgt werden, welche je nach der geologischen Formation eine Bereicherung an anorganischen Bestandtheilen bedingen. Mit gewissen Einschränkungen ist auch das innerhalb des Bodens sich bewegende Wasser derartigen Veränderungen durch solche Naturereignisse unterworfen.

II. Physikalische Prüfung des Wassers.

Die Ermittlung der physikalischen Eigenschaften des Wassers ist für die Beurtheilung von gewissem Werthe; dieselben sind zu-
meist leicht wahrnehmbar und augenfällig. Ohne vorausgegangene
Untersuchung hat uns der Instinkt gelehrt, ein Wasser als Ge-
tränk zurückzuweisen, das nicht eine erfrischende Temperatur
besitzt, von heller, klarer Farbe und ohne jeglichen fremdartigen
Beigeschmack ist. Es ist jedoch von Vorthail, diese allgemeinen
Beobachtungen näher zu präcisiren, durch einheitliche Unter-
suchungsmethoden den Grad der betreffenden Wahrnehmung fest-
zustellen, um aus dem Ergebniss eine objektive Beurtheilung
eintreten zu lassen.

In gewissem Sinne darf die physikalische Prüfung als eine
orientirende Voruntersuchung der chemischen aufgefasst werden.
Die Färbung des Wassers, der Geruch, der Geschmack werden
auf die Anwesenheit von Stoffen aufmerksam machen, deren Er-
mittlung die Aufgabe der chemischen Analyse ist; das speci-
fische Gewicht wird einen Einblick in die Mengen der gelöst
vorhandenen Bestandtheile gestatten.

Es mag sich darüber streiten lassen, ob die physikalische
Seite der Wasseruntersuchung entbehrlich ist oder nicht, in den
meisten Fällen bietet sie eine oder die andere interessante Wahr-
nehmung, und schon aus diesem Grunde sollte sie nicht unter-
lassen werden.

Die Temperatur des Wassers.

Bei der physikalischen Prüfung des Wassers wird sich wohl
selten Gelegenheit geben, die Bestimmung der Temperatur des
Wassers vorzunehmen, da diese zweckmässig mit der Entnahme

der Proben verbunden wird (vergl. S. 10) aus dem an jener Stelle erwähnten Grunde. Sie mag nur gerechtfertigt sein, um die Veränderlichkeit der Temperatur zur Anschauung zu bringen und würde für solche Fälle mit einem zuverlässigen, in Zehntelgrade eingetheilten Thermometer auszuführen sein. Immerhin wird jedoch das Ergebniss irgend welche Schlüsse nicht zulassen und höchstens dafür sprechen, dass die Probe Veränderungen in ihrer bakteriologischen und chemischen Zusammensetzung eventuell erfahren hat.

Die Färbung des Wassers.

Die Menge gelöster, färbender Bestandtheile im Wasser ruft Veränderungen des Aussehens hervor, deren Bestimmung in mancher Hinsicht in Betracht kommen kann. Die Farbenunterschiede lassen sich durch Vergleich mit einer gleich hohen Säule reinen destillirten Wassers ermitteln. Man giebt zu diesem Zweck das zu prüfende filtrirte Wasser in einen Standcylinder von ungefähr 70 cm Höhe und füllt einen zweiten solchen bis zur gleichen Höhe mit destillirtem Wasser an. Durch Betrachten der beiden Wassersäulen gegen ein unterliegendes weisses Papier wird man den Färbungsunterschied erkennen. Seitlich einfallende Lichtstrahlen wirken störend; es ist deshalb zweckmässig, die beiden Cylinder mit schwarzem Papier zu umkleiden.

Wenn nicht aussergewöhnliche Umstände (Verunreinigung durch bestimmte Farbstoffe) vorliegen, so spielt die Färbung des Wassers immer in das Gelbliche bis Braungelbe und zeigt dann viele Aehnlichkeit mit verdünnten Karamellösungen. Man hat deshalb diesen Stoff zu annähernden Schätzungen der Färbung des Wassers benutzt, indem man destillirtes Wasser in dem Maasse mit einer solchen Lösung von bestimmtem Gehalte versetzte, bis der Farbenton der gleiche war.

Die Karamellösung wird hergestellt, indem man 1 g reinen Rohrzuckers in 40—50 ccm destillirten Wassers löst und nach Hinzufügung von 1 ccm verdünnter Schwefelsäure (1:3) 10 Minuten lang aufkocht und dann nach Beigabe von 1 ccm Natronlauge (1 Theil Natriumhydrat und 2 Theile Wasser) abermals so lange in der Siedehitze erhält. Nach dem Erkalten füllt man die Flüssigkeit zu 1 Liter auf; ein Kubikcentimeter entspricht 1 mg Karamel.

Untersuchung des Wassers. Zur Ausführung der Untersuchung giebt man das filtrirte Wasser in einen Cylinder von farblosem Glase in einer Menge, dass man eine 40 cm hohe Wassersäule erzielt. In gleich grossem zweiten Cylinder stellt man sich mit der Karamellösung eine Mischung her, welche bei derselben Höhe einen Unterschied des Farbentons nicht mehr erkennen lässt. Der Verbrauch an Karamel giebt einen Aufschluss über den Grad der Färbung.

Aus Wässern, welche in grösseren Mengen Eisen in der Form von Oxydulkarbonat enthalten, scheidet sich beim Stehen an der Luft ein rothbrauner Niederschlag von Eisenoxydhydrat aus.

Das specifische Gewicht.

Von untergeordneter Bedeutung ist die Bestimmung des specifischen Gewichtes. Bei natürlichen, selbst verunreinigten Gewässern bewegen sich die Unterschiede zumeist innerhalb Grenzen von Decimalstellen, welche für die Beurtheilung wenig brauchbar sind. Die gelösten Bestandtheile in Abwässern kommen in anderer Weise durch die chemische Untersuchung besser zur Geltung.

In Fällen, wo dennoch die Anwendung dieses Verfahrens erwünscht sein mag, wird man sich eines Pyknometers oder eines fein eingetheilten Aräometers bedienen.

Die Benutzung des Pyknometers (Fig. 4) setzt die Einhaltung gleicher Temperaturen bei dem zu prüfenden und dem zum Vergleich dienenden destillirten Wasser voraus. Man füllt zunächst das Instrument mit destillirtem Wasser und bestimmt das Gewicht des Inhaltes, nachdem das an den Glasstopfen angefügte Thermometer keine Veränderungen mehr zeigt. Das Ergebniss zeigt das Gewicht eines bestimmten Volumens (v) an. Hierauf wird das Pyknometer mehrmals mit dem zu prüfenden Wasser ausgespült, hiernach vollständig gefüllt, das Thermometer lose bis zum Eintritt der gleichen Temperatur eingehängt. Sobald dies der Fall ist, wird das Instrument durch Einschieben des Stopfens geschlossen, von anhaftendem Wasser sorgfältig befreit und rasch gewogen und hierdurch das absolute Gewicht des Wassers (p) bestimmt. Der Quotient aus $\frac{p}{v}$ ergiebt das specifische Gewicht des in Untersuchung gezogenen Wassers.

Bei Wässern, welche reich an flüchtigen Gasen (freier Kohlensäure) sind, verwendet man ein Pyknometerfläschchen, welches am Halse eine Eintheilung trägt und in einiger Entfernung über derselben durch einen vollkommen dichten Stopfen geschlossen werden kann (Fig. 5). Die Einstellung der beiden Flüssigkeiten auf die gleiche Temperatur bewerkstelligt man vor der jeweiligen Füllung des Instrumentes und verfährt im Uebrigen wie vorher.

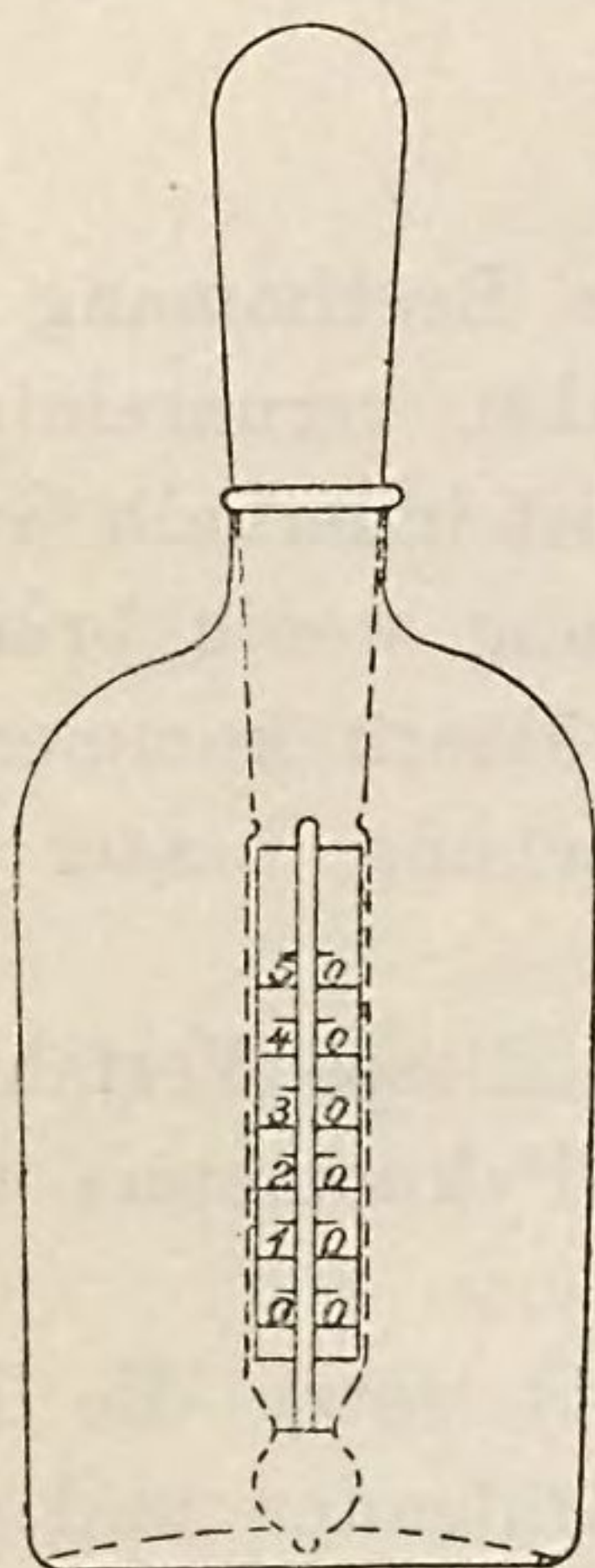


Fig. 4.

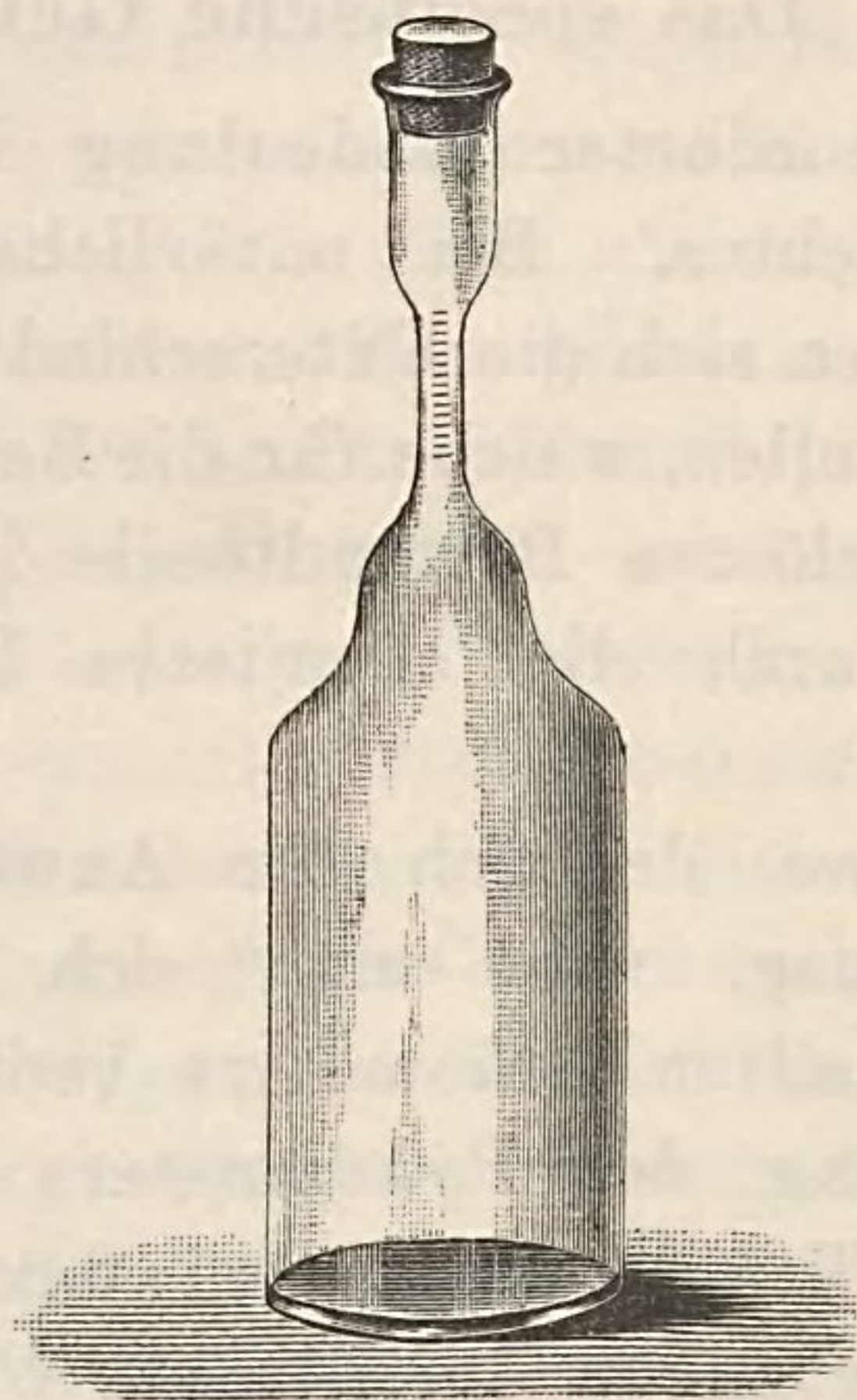


Fig. 5.

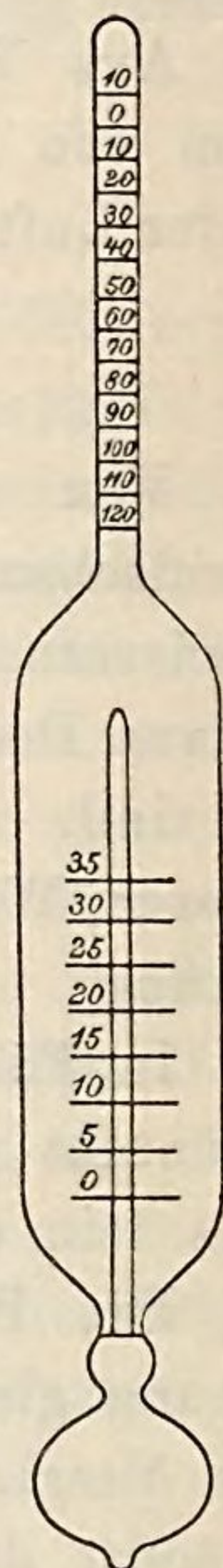


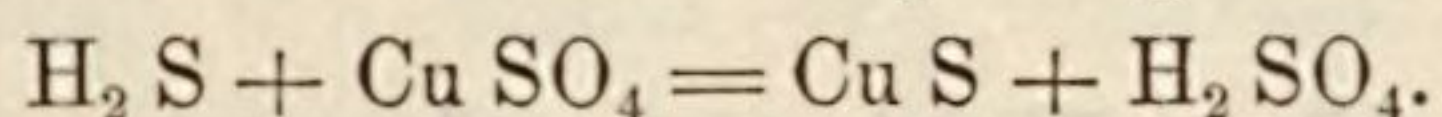
Fig. 6.

Man kann auch das specifische Gewicht des Wassers, jedoch weniger genau, mittelst eines Aräometers (Fig. 6) bestimmen; jedenfalls ist zu fordern, dass die Ablesung der vierten Decimale ermöglicht ist.

Zur Handhabung desselben füllt man das Wasser in einen Cylinder, dessen Weite eine völlig freie Bewegung des eingesenkten Instrumentes zulässt. Die Beobachtung einer bestimmten Temperatur ist hier erlässlich, da beigegebene Tabellen eine Reduktion ermöglichen.

Der Geruch des Wassers.

Um die riechbaren Stoffe gut erkennbar zu machen, erwärmt man 100—200 ccm Wasser auf 50—60° in einer weithalsigen Flasche. Zur Unterscheidung, ob das Auftreten eines etwaigen fauligen Geruches durch Schwefelwasserstoff bedingt ist, fügt man eine Lösung von Kupfervitriol (Kupfersulfat) hinzu; hierdurch wird der Schwefelwasserstoff an Kupfer gebunden, da



Die Verwendung von Bleiacetat zu gleichem Zwecke ist nicht rathsam, da bei der Reaktion leicht etwas freie Essigsäure auftritt, deren Geruch stört.

Die Geruchsprüfung lässt oft flüchtige Stoffe sicherer erkennen, als es der chemische Nachweis vermag.

Der Geschmack des Wassers.

Niedrige Temperaturen führen bei Geschmacksprüfungen des Wassers zu Täuschungen. Es ist deshalb angezeigt, kleine Proben auf 15—20° zu erwärmen, bevor man die Kostprobe macht. Im Allgemeinen ist von dieser Probe wenig Auskunft zu erwarten, insofern es sich nicht um ein brackiges oder sooleartiges Wasser handelt. Der Mangel an Kohlensäure macht sich in der Regel durch einen faden Geschmack geltend.

III. Chemische Untersuchung des Wassers, qualitative und quantitative.

Die Natur bietet uns das Wasser niemals in reiner Form, in welcher es uns als der chemische Körper H_2O bekannt ist, sondern wir finden darin stets andere Substanzen gelöst, die wir gewissermaassen als seine Bestandtheile betrachten müssen. Die Menge und Art derselben verleiht dem Wasser gewisse Eigenschaften oder berechtigt zu Schlüssen über dessen Reinheit und Zuträglichkeit in gesundheitlicher Beziehung. Die chemische Untersuchung des Wassers ist von besonderer Wichtigkeit nicht nur zur Klarstellung der gegenwärtigen Beschaffenheit, sondern insbesondere zur Ermittlung der Art und Herkunft der Verunreinigung.

Bestimmung der suspendirten Substanzen.

In der entnommenen Wasserprobe oder in 1,5 bis 2 Liter derselben lässt man die schwimmenden Bestandtheile zunächst absetzen, wobei man das Wasser an einem kühlen Orte ruhig aufbewahrt. Ein Filter von bekanntem Aschengehalt wird bei $100-110^\circ$ getrocknet und dessen Gewicht bestimmt. Das überstehende klare Wasser wird nun durch dasselbe abgegossen und in einer trocknen oder mehrfach mit dem Filtrat ausgespülten Flasche aufgefangen und für die spätere chemische Untersuchung aufbewahrt. Den Bodensatz des zu prüfenden Wassers bringt man auf das Filter unter öfterem Nachwaschen des Gefässes mit destillirtem Wasser. Selbstverständlich wird man das Waschwasser von der zu untersuchenden Wasserprobe fernhalten. Etwaige an der Wandung anhaftende Stoffe sind mittelst eines

Glasstabes, dessen Ende mit einem Stückchen Kautschukschlauch überzogen ist, loszumachen. Der Inhalt des Filters wird mit destillirtem Wasser sorgfältig ausgewaschen, dann bis zur Gewichtskonstanz bei 110^0 getrocknet und nach dem Erkalten im Exsiccator im Wägegläschen gewogen.

Zur Bestimmung des anorganischen Antheils der suspendirten Substanzen bringt man den Inhalt des Filters in einen gewogenen Platintiegel und fügt die Asche des letzteren, welches man in einer Platinspirale verbrannt hat, hinzu. Zur Verbrennung der organischen Substanz erhitzt man den offenen Tiegel über der Flamme. Um etwa gebildete Oxyde von Calcium und Magnesium in Karbonate wieder überzuführen, befeuchtet man den erkalteten Rückstand mit etwas kohlensäurehaltigem, destillirtem Wasser, verjagt dessen Ueberschuss und glüht nochmals gelinde.

Nach dem Erkalten des Tiegels im Exsiccator bestimmt man seine Gewichtszunahme.

Die Gewichte der suspendirten Substanzen, sowie der anorganische Antheil derselben werden nach Abzug der Filterasche auf Milligramme im Liter Wasser berechnet.

Rückstand und Glühverlust.

Das Gewicht der sämmtlichen im Wasser gelösten (bei 100 bis 110^0), nicht flüchtigen Bestandtheile, der Rückstand, wird ermittelt, indem man eine bestimmte Menge Wasser verdampft und den Rest wiegt.

Ausführung. Eine Porzellanschale (besser Platinschale) von ungefähr 50 ccm Inhalt wird geglüht; nach dem Erkalten im Exsiccator wird ihr Gewicht genau bestimmt. Von dem vorher filtrirten Wasser werden 300—500 ccm abgemessen und diese Menge nach und nach auf dem Wasserbade in der Schale eingedampft, wobei letztere nie über die Hälfte gefüllt sein darf. Um ein Vertropfen des Wassers beim Uebergiessen zu verhüten, überzieht man den äusseren Rand des Gefässes an der Ausgussstelle mit einer äusserst feinen Fettschicht und lässt stets das Wasser vermittelt eines Glasstabes in die Schale ablaufen. Schliesslich spült man das Gefäss mehrmals mit wenig destillirtem Wasser aus und giebt das Spülwasser ebenfalls in die Schale, um es zu verdampfen. Sobald dies der Fall ist, wird die Schale ca. 2 Stunden im Trockenschrank bei 110^0 gehalten;

hierauf lässt man sie im Exsiccator erkalten und bestimmt das Gewicht des Rückstandes. Das Trocknen ist so lange um je 1 Stunde fortzusetzen, bis die letzten beiden Wägungen vollständig übereinstimmende Zahlen ergeben haben.

Die Verdampfung des Wassers muss an einem staubfreien Orte ausgeführt werden; um das Einfallen von Staubtheilchen zu verhüten, kann man auch einen umgekehrten Trichter in einer Entfernung von einigen Centimetern über der Schale befestigen. Reines Wasser liefert einen nahezu weissen Rückstand; je nach dem Vorhandensein von organischen Substanzen (auch von gewissen Eisenverbindungen u. dergl.) nimmt derselbe eine gelbliche bis gelbbraune Färbung an.

Das Gewicht des Rückstandes wird auf 1 Liter Wasser berechnet und in Milligrammen zum Ausdruck gebracht.

Setzt man den Rückstand der Glühhitze aus, so erfährt derselbe eine Gewichtsverminderung, welche man als Glühverlust bezeichnet.

Ausführung. Die Schale mit dem Rückstand, dessen Gewicht endgültig festgestellt ist, wird auf einem Drahtnetz schwach geglüht, bis man eine weisse Asche erzielt hat. Hierauf lässt man die Schale im Exsiccator erkalten und bestimmt wieder ihr Gewicht. Die Differenz bedeutet den Glühverlust.

Diese Grösse ist keineswegs durch die Verbrennung der organischen Substanz allein bedingt, zur Gewichtsveränderung des Rückstandes tragen noch eine Reihe anderer Vorgänge bei, welche sich unter dem Einflusse der Glühhitze abspielen. Salze organischer Säuren werden in Karbonate umgewandelt, Nitrate und Nitrite werden bei Gegenwart organischer Stoffe zerstört und Sulfate erleiden eine theilweise Zersetzung. Manche Salze (z. B. Gips) geben bei 110° ihr Krystallwasser noch nicht ab. Um einigermaassen gleichmässige Resultate zu erzielen, sind folgende Maassregeln zu beobachten. Zunächst wird man bei dem Glühen des Rückstandes nur bis zur „dunklen Rothglut“ vorgehen, um das Verflüchtigen der Alkalimetallchloride und den Uebergang anderer Chloride in basische zu vermeiden. — Um die entwichene Kohlensäure wieder zu ergänzen, befeuchtet man den wieder erkalteten Rückstand mit etwas kohlensäurehaltigem, destillirtem Wasser und verjagt das Wasser wieder bei sehr schwachem Feuer. Von der Verwendung des kohlensauren Am-

moniake in gleicher Absicht ist abzurathen, da durch dasselbe Chloride und Sulfate der Alkalien leicht in Karbonate umgesetzt werden können. — Behufs Vermeidung eines Verlustes an Chlor ist es bei den an Chlorverbindungen sehr reichen Wassern angezeigt, schon vor Ermittlung des Rückstandes eine Lösung von kohlensaurem Natron von bestimmtem Gehalte im Ueberschuss zuzusetzen. Hierdurch wird beispielsweise das Chlormagnesium in Magnesiumkarbonat übergeführt, während das Chlor des ersteren an das Natrium gebunden wird.

Die hinzugefügte Gewichtsmenge des kohlensauren Natrons wird schliesslich bei dem ermittelten Rückstand und Glühverlust wieder in Abzug gebracht.

Trotz der vorerwähnten Maassregeln wird die Ermittlung des Glühverlustes nur dann verwerthbare Zahlen liefern, wenn die organischen Substanzen in relativ grosser Menge vorhanden sind.

In den meisten Fällen wird es genügen, die beim Glühen des Rückstandes sich abspielenden Erscheinungen (Farbenveränderungen, Auftreten von Geruch) als das Ergebniss einer qualitativen Prüfung zu registriren. Man hat dieselben zweckmässig in folgende Gruppen zusammengestellt:

1. Sind keine organische Substanzen und vorwiegend Kalksalze vorhanden, so tritt nur ein Weisswerden des Rückstandes beim Glühen ein.

2. Ist wenig organische Substanz zugegen, so tritt beim Erhitzen eine leichte Braunfärbung ein, die rasch vorübergeht und schliesslich einer rein weissen Farbe weicht.

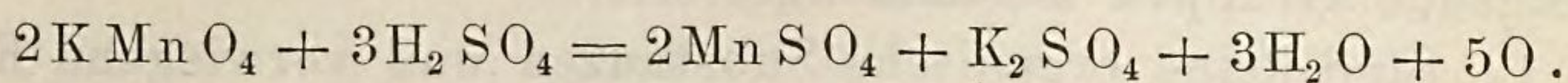
3. Bei etwas grösserer Menge organischer Stoffe zeigt sich an einzelnen Stellen Schwärzung des Rückstandes, die erst bei anhaltendem starken Erhitzen vertrieben werden kann.

4. Bei sehr grossen Mengen organischer Beimengung tritt beim Erhitzen sofort eine Schwärzung der ganzen Masse und daneben oft ein Geruch nach verbrannten Federn oder Haaren auf; es ist schwer oder gar nicht möglich, eine weisse Asche zu erzielen. (Flügge.)

Bestimmung der organischen Substanzen.**Methode nach Kubel-Tiemann.**

Die Bestimmung des Glühverlustes des Rückstandes giebt uns einen sehr unzuverlässigen Anhaltspunkt über die Mengen der organischen Substanzen. Einigermassen erhalten wir einen Begriff von dieser Grösse, indem wir bestimmen, wieviel Sauerstoff zur Oxydation der vorhandenen organischen Bestandtheile benöthigt wird. Die verschiedenartige Zusammensetzung der letzteren, der Umstand ferner, dass höher oxydirbare anorganische Stoffe, wie salpetrige Säure oder Eisenoxydul, gleichfalls einen Sauerstoffverbrauch bedingen, um in ihre höheren Oxydationsstufen (Salpetersäure — Eisenoxyd) übergeführt zu werden, lässt deutlich erkennen, dass ein solches Verfahren nur annähernde Resultate liefern kann. Dieselben sind jedoch, unter einander verglichen, zur Beurtheilung des Wassers in hygienischer Hinsicht brauchbar.

Die Methode von Kubel-Tiemann gründet sich auf die Eigenschaft des Kaliumpermanganats, bei Anwesenheit von Schwefelsäure Sauerstoff abzugeben. Der Vorgang hierbei ist folgender:



Zur Ausführung der Methode löst man 0,4 bis 0,42 Kaliumpermanganat in 1 l destillirten Wassers auf. Eine solche Lösung giebt pro Kubikcentimeter annähernd 0,1 mg Sauerstoff ab. Die Menge des gelieferten Sauerstoffs wird genau durch eine Oxalsäurelösung von bestimmtem Gehalte ermittelt. Oxalsäure zerfällt mit Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser nach der Gleichung:



Die Oxalsäure krystallisirt mit 2 Molekülen Krystallwasser; ihr Molekulargewicht beträgt:

2C	24
2H	2
4O	64
4H	4
2O	32
	126

Das Molekulargewicht des Kaliumpermanganats beträgt:

K	39,0
Mn	54,8
4 O	64
	157,8

Zufolge obiger Gleichung muss eine Oxalsäurelösung, welche pro Kubikcentimeter 0,1 mg Sauerstoff verbrauchen soll, 0,7875 g krystallisirter Oxalsäure im Liter enthalten, da

$$16 : 126 = 0,1 : x$$
$$x = 0,7875.$$

Eine der Oxalsäure äquivalente Lösung von Permanganat durch genaues Abwägen der entsprechenden Menge desselben herzustellen, ist nicht angängig, da geringe Staubmengen den Wirkungswerth der Lösung vermindern. Erst nach mehrtägigem Stehen erlangt die Lösung einen konstanten Werth, den sie dann bei zweckmässiger Aufbewahrung längere Zeit unverändert beibehält. Wir müssen daher von der Permanganatlösung zunächst den Titer stellen.

Titerstellung. Zur Ausführung der Titerstellung ist es erforderlich, ein Wasser zu besitzen, welches vollkommen frei von organischen Substanzen ist. Eine Porzellanschale von etwa 200 ccm Inhalt wird mit Salzsäure gut gereinigt und mit destillirtem Wasser sorgfältig nachgespült. Ein in gleicher Weise gereinigter Glasstab wird hineingelegt. In die Schale füllt man 100 ccm destillirten Wassers und 5 ccm verdünnter (1:3) Schwefelsäure. Es werden einige Tropfen Kaliumpermanganat hinzugefügt und diese Mischung 10 Minuten lang über dem Drahtnetze im Sieden erhalten. Sobald Entfärbung eintritt, ist stets Permanganat nachzugeben. Hierauf lässt man tropfenweise Oxalsäurelösung unter Umrühren einfallen, bis vollständige Entfärbung der Flüssigkeit eingetreten ist. Mittelst einer Pipette giebt man 10 ccm Oxalsäurelösung zu dem so hergerichteten Wasser hinzu und lässt hierauf zu der heissen Flüssigkeit aus einer Bürette solange Permanganatlösung tropfenweise zufließen, bis eben Rosafärbung eintritt.

Beispiel. Die 10 ccm Oxalsäurelösung benötigten 9,4 ccm Kaliumpermanganatlösung, $9,4 \text{ ccm} = 1 \text{ mg Sauerstoff}$; deshalb $\text{Titer} = 9,4$.

Hat man etwa zuviel Permanganat zugesetzt, so erhitzt man die Flüssigkeit abermals zum Sieden, fügt wieder 10 ccm Oxalsäurelösung hinzu und verfährt wie oben, um den Titer sicher zu gewinnen.

Ausführung der Wasseruntersuchung. Die Porzellanschale wird ausgegossen, nicht ausgespült. In dieselbe giebt man 100 ccm des zu untersuchenden Wassers und 5 ccm Schwefelsäure und erhitzt zum Sieden. Beim ersten Aufwallen fügt man aus der auf Null eingestellten Bürette einige Kubikcentimeter Kaliumpermanganatlösung hinzu, erhält die Flüssigkeit 10 Minuten im Sieden unter stetigem Nachgeben von Kaliumpermanganat, falls Entfärbung eintreten sollte. Die Schale wird von der Flamme weggenommen und es werden 10 ccm Oxalsäurelösung zugesetzt, worauf vollständige Entfärbung eintritt; hierauf titirt man mit Permanganatlösung, bis eben Rosafärbung auftritt, und liest sodann die Bürette ab.

Beispiel:

Es wurden verbraucht	16,7	Kaliumpermanganat
10 ccm Oxalsäure verbrauchten	9,4	- (Titer)
100 ccm Wasser verbrauchten demnach	7,3	Kaliumpermanganat

Da $9,4 \text{ Kaliumpermanganat} = 1 \text{ mg Sauerstoff}$, so entsprechen $7,3 = x$. $x = 0,777$.

Die in 100 ccm Wasser vorhandenen organischen Stoffe bedurften sonach 0,777 mg Sauerstoff zu ihrer Oxydation, demnach treffen auf 1 l Wasser 7,77 mg Sauerstoff.

Bemerkungen. Wenn das Wasser sehr reich an organischen Stoffen ist, so muss man mit Verdünnungen arbeiten, welche man mit gleichartig hergerichteten Wasser bewerkstelligt, welches zur Titerstellung benutzt worden ist.

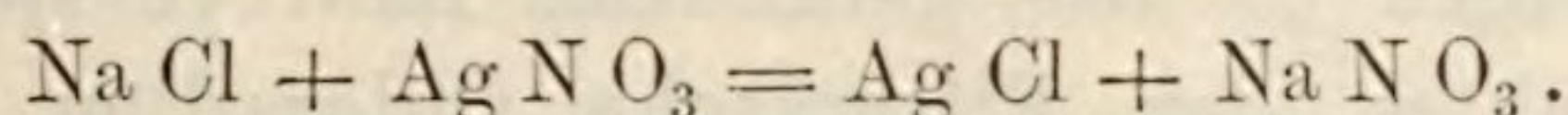
Die Oxalsäurelösung ist nicht haltbar; sie neigt zur Schimmelbildung, in welchem Falle sie natürlich unbrauchbar ist. Die Schimmelbildung lässt sich durch Sterilisirung der Lösung in strömendem Dampf hintanhalten. (Vergl. die Ausführung der bakteriologischen Untersuchung des Wassers.)

Von mancher Seite wird beliebt, die Oxydationsgrösse durch die Anzahl der verbrauchten Milligramme Kaliumpermanganat zum Ausdruck zu bringen. Diese Zahl erfährt man, indem man die zur Oxydation der organischen Substanzen benötigten Milligramme Sauerstoff mit 4 multiplicirt oder im umgekehrten Falle mit 4 dividirt.

Chlor (Chlorwasserstoffsäure, Chloride).

Qualitativer Nachweis.

Man säuert 10 ccm Wasser mit chlorfreier Salpetersäure an und fügt einige Tropfen Silbernitrat hinzu; je nach der Menge der vorhandenen Chloride entsteht Opalescenz, eine weisse Trübung oder ein käsiger, weisser Niederschlag von Chlorsilber, da



Der Zusatz von Salpetersäure ist deshalb nothwendig, weil Silbernitrat auch andere, die kohlen- und phosphorsauren Salze, zur Fällung bringen würde; diese sind aber in der genannten Säure löslich.

Quantitative Bestimmung.

a) Gewichtsanalytische Methode.

Die Fällung der Chloride durch Silbernitrat lässt sich auch zur gewichtsanalytischen Bestimmung derselben verwerthen. Zu diesem Zwecke werden 200 ccm Wasser mit chlorfreier Salpetersäure im Becherglase angesäuert, erwärmt, hierauf Silbernitrat hinzugefügt und stark umgerührt, bis sich der Niederschlag zusammengeballt hat. Das Nachgiessen von Silbernitrat muss so lange erfolgen, bis kein Niederschlag mehr entsteht. Zur Kontrolle nimmt man einen Tropfen der überstehenden Flüssigkeit heraus und prüft mit Silbernitrat zweckmässig auf einer schwarzen Unterlage. Tritt noch eine Reaktion ein, so wird die Probe in das Glas zurückgespült und noch weiteres Silbernitrat hinzugefügt.

Das vollständige Absetzen des Niederschlages wird durch fleissiges Umrühren und Erwärmen auf dem Wasserbade befördert.

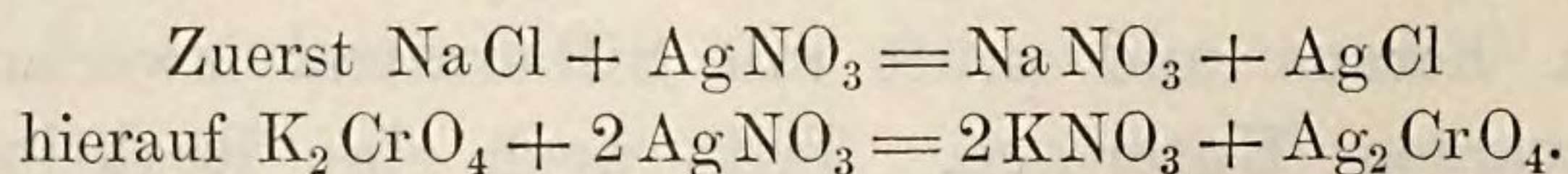
Der Niederschlag wird sodann auf ein Filter mit bekanntem Aschengewicht gebracht und hier mit heissem Wasser so lange ausgewaschen, bis einige Kubikcentimeter des Filtrats (Reagenzröhrchen) auf Zusatz einer Chlornatriumlösung ein Opalescenz nicht mehr erkennen lassen. Das Filter sammt Inhalt wird zunächst im Trichter belassen und im Trockenschrank getrocknet. Inzwischen wird ein Porzellantiegel gut ausgeglüht und derselbe

nach dem Erkalten im Exsiccator gewogen. Der Inhalt des Filters wird auf ein Glanzpapier entleert und das leere Filter in der Platinspirale über dem Tiegel verbrannt und im Tiegel vollständig verascht; seinen Rückstand löst man in einigen Tropfen Salpetersäure und fügt 2 Tropfen Salzsäure hinzu. Nach dem Verjagen der Säuren auf dem Wasserbade wird der Niederschlag von Chlorsilber hinzugegeben, erhitzt, bis derselbe oberflächlich zu schmelzen beginnt, und nach dem Erkalten im Exsiccator gewogen¹⁾. Die gefundene Zahl entspricht nach Abzug des Gewichtes der Filterasche Chlorsilber, aus welchem man das Chlor berechnet, indem man dieselbe mit 0,2474 multiplicirt, da

$$\begin{array}{l} \text{Ag} \quad \text{Cl} : \text{Cl} = 1 : x \\ 107,7 + 35,4 : 35,4 = 1 : x \\ x = 0,2474. \end{array}$$

b) Methode nach Mohr.

In neutraler Lösung bildet Kaliumchromat mit Silbernitrat einen rothbraunen Niederschlag von Silberchromat. Da die Affinität des Silbers zu Chlor eine grössere ist, so bildet sich bei Gegenwart von Chlorverbindungen zunächst solange ein weisser Niederschlag von Silberchlorid, bis die letzte Spur von Chlor verbraucht ist; hierauf entsteht der charakteristische Niederschlag von Silberchromat, welcher das Ende der Chlorreaktion anzeigt. Die chemischen Vorgänge dabei sind folgende:



Zunächst stellt man sich eine Lösung von Silbernitrat her, bei welcher 1 ccm genau 1 mg Chlor entspricht. Da

$$\begin{array}{rcl} \text{Ag} & 107,7 & \\ \text{N} & 14,0 & \\ 3\text{O} & 48,0 & \\ \hline & 169,7 & : 35,4 = x : 1, \\ & x = 4,794, & \end{array}$$

¹⁾ Zur bequemen Reinigung des Tiegels giebt man in denselben etwas verdünnte Schwefelsäure und ein Stückchen Zink. Der nascirende Wasserstoff reducirt das Chlorsilber zu metallischem, welches sich leicht wegwaschen lässt.

so müssen 4,794 mg geschmolzenes Silbernitrat in 1 ccm (oder 4,794 g in 1 l) destillirtem Wasser gelöst werden¹⁾.

Ferner benöthigt man eine gesättigte Lösung von neutralem, gelbem, krystallisirtem Kaliumchromat.

Ausführung. 50 ccm Wasser werden in eine Porzellanschale gegeben und 2—3 Tropfen chlorfreie Kaliumchromatlösung hinzugefügt. Aus einer Glashahnbürette lässt man unter Umrühren mit einem Glasstabe Silbernitratlösung zutropfen. Zuerst entsteht ein weisser Niederschlag; allmählich bildet der einfallende Tropfen der Titerflüssigkeit eine braunrothe Färbung, welche durch Umrühren wieder verschwindet. In dem Augenblick, wo dies nicht mehr der Fall ist, hat die Flüssigkeit einen Stich in's Rothbraune angenommen. Hiermit ist die Titrirung beendet.

Es wurden beispielsweise verbraucht

1,4 ccm Silbernitratlösung;

dann enthielten

50 ccm Wasser 1,4 mg Chlor

oder

1 Liter $1,4 \times 20 = 28$ mg Chlor.

Bei Wasser mit sehr schwachem Chlorgehalt wird es sich empfehlen, ein bestimmtes Wasserquantum auf ca. 50 ccm einzudampfen und diese erst zu titriren. Andererseits sind bessere Resultate von der gewichtsanalytischen Methode bei sehr hohem Chlorgehalt, bei sooleartigem oder brackigem Wasser zu erwarten, da Mohr's Verfahren Zahlen giebt, welche um ein Geringes zu hoch sind.

¹⁾ Es ist zweckmässig, diese Titrirflüssigkeit durch eine Chlornatriumlösung, bei welcher 1 ccm ebenfalls 1 mg Chlor entspricht, zu kontroliren. Da

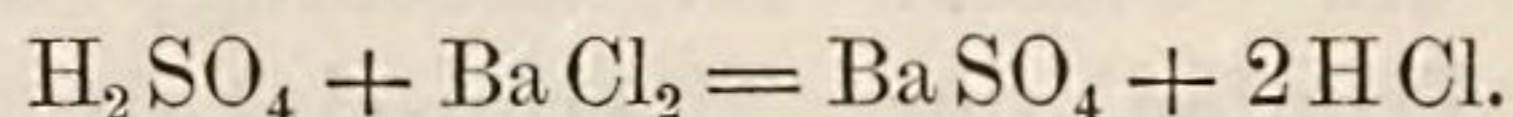
$$\begin{array}{ccc} \text{Na} & \text{Cl} & : \text{Cl} = x : 1, \\ 23 + 35,4 & 35,4 & \end{array}$$

so bedarf man 1,6497 g Chlornatrium zur Lösung in 1 l destillirten Wassers. Das Kochsalz wird in überdecktem Tiegel solange bei schwacher Flamme erwärmt, bis alles eingeschlossene Wasser unter Knistern entwichen ist; nach dem Erkalten im Exsiccator wird die entsprechende Menge abgewogen und hieraus die gewünschte Lösung gefertigt. Versetzt man 10 ccm derselben mit 1—2 Tropfen Kaliumchromatlösung, so darf erst Rothfärbung eintreten, sobald man 10 ccm Silbernitratlösung hat hinzutropfen lassen. Die Silbernitratlösung muss in dunklem, mit Glasstöpsel gut verschlossenem Glase aufbewahrt werden.

Schwefelsäure (Sulfate).

Qualitativer Nachweis.

Man säuert 20 ccm Wasser mit Salzsäure an und fügt Chlorbaryumlösung hinzu; das Baryumsalz verbindet sich mit der Schwefelsäure zu unlöslichem, schwefelsaurem Baryt, welcher je nach seiner Menge in Form einer weissen Trübung oder eines Niederschlages erscheint, da



Der Zusatz der Salzsäure verhindert die Bildung von kohlen-saurem Baryt.

Quantitative Bestimmung.

a) Gewichtsanalytische Methode.

Je nach dem Ergebniss der qualitativen Untersuchung verwendet man 200—500 ccm oder mehr Wasser, säuert dieses mit Salzsäure an und dampft es nach Umständen auf 200 ccm ein. Das Wasser wird in ein dünnwandiges Becherglas übergefüllt, wobei die letzten Reste durch Nachspülen mit destillirtem Wasser aus dem Abdampfgefäss entfernt werden. Hierauf wird es über einem Drahtnetze zum schwachen Sieden erhitzt und tropfenweise nach und nach heisse Chlorbaryumlösung (1 : 20) hinzugesetzt. Um sich zu überzeugen, ob die Reaktion zu Ende ist, nimmt man die Flamme ab und zu weg, lässt den Niederschlag etwas absetzen und sieht zu, ob das erneute Einfallen der Chlorbaryumlösung noch eine Trübung erzeugt. Schliesslich wird man sich darüber noch dadurch vergewissern, dass man 1 Tropfen der überstehenden klaren Flüssigkeit aus dem Becherglase entnimmt, auf eine schwarze Glastafel bringt und 1 Tropfen verdünnte Schwefelsäure zufließen lässt. Entsteht eine weisse Trübung, so ist dies ein Zeichen, dass Baryumchlorid in genügender Menge vorhanden ist; ein erheblicher Ueberschuss ist zu vermeiden.

Man lässt den Niederschlag mehrere Stunden absetzen, bringt ihn dann auf ein Filter mit bekanntem Aschengewicht, welches man vorher mit Alkohol angefeuchtet hat, um dessen Durchlässigkeit thunlichst zu vermindern. Der Niederschlag muss mit heissem Wasser solange ausgewaschen werden, bis das

Filtrat auf Zusatz von Silbernitrat im Proberöhrchen eine Chlorreaktion nicht mehr erkennen lässt.

Der Niederschlag wird im Trichter getrocknet, dann über einem Bogen Glanzpapier vorsichtig in einen Platin- oder Porzellantiegel entleert; das Filter selbst wird in der Platinspirale verbrannt und dessen Asche hinzugefügt. Man glüht hierauf, bis die Asche weiss geworden, lässt im Exsiccator erkalten und wiegt. Die Gewichtszunahme besteht nach Abzug der Filterasche aus Baryumsulfat (BaSO_4). Um hieraus die Schwefelsäure als Anhydrid zu berechnen, multiplicirt man dieses Gewicht mit 0,3434, da

$$\begin{array}{rcl} \text{Ba} & 136,9 & \\ \text{S} & 32 & \text{S} \quad 32 \\ 4\text{O} & 64 & 3\text{O} \quad 48 \\ \hline & 232,9 & : \quad 80 = 1 : x \\ & & x = 0,3434. \end{array}$$

b) Methode nach Wildenstein.

Die Methode gründet sich darauf, dass man zum Wasser mehr Baryumchlorid zusetzt als zur Bindung der vorhandenen Schwefelsäure nöthig ist; die Grösse des Ueberschusses wird durch Zusatz einer Kaliumammoniumchromatlösung von bekanntem Gehalte ermittelt und aus dem wirklichen Verbrauch des Chlorbaryums, welches zur Sättigung der Schwefelsäure nothwendig war, die letztere berechnet.

Bereitung der nöthigen Lösungen. Man stellt sich zunächst eine $\frac{1}{10}$ Normal-Chlorbaryumlösung her, indem man 12,185 g trockenes, krystallisirtes Baryumchlorid in 1 l destillirten Wassers löst.

Dieser Lösung entsprechend verfertigt man sich $\frac{1}{10}$ Normal-Kaliumammoniumchromatlösung. Nachdem man Kaliumbichromat durch wiederholtes Umkrystallisiren von etwa vorhandener Schwefelsäure befreit hat, trocknet man dasselbe zwischen Filtrirpapier gut ab und wiegt 7,370 g ab. Diese werden in 100 ccm destillirten Wassers in einem Maasskolben von 1 l Inhalt gelöst und hierauf tropfenweise soviel Ammoniak zugefügt, bis die orange-rothe Farbe in eine rein gelbe übergegangen ist. Hierbei entsteht neutrales chromsaures Kalium und neutrales chromsaures Ammonium. Sodann wird auf 1 l mit destillirtem Wasser aufgefüllt.

Zur Prüfung der Richtigkeit der beiden Normallösungen giesst man gleiche Volumina derselben zusammen. Hierbei muss ein gelber Niederschlag entstehen, nach dessen Absetzen eine farblose Flüssigkeit übersteht. In abpipettirten Proben dieser letzteren darf ein Zusatz von Schwefelsäure keinen weissen Niederschlag von schwefelsaurem Baryt (BaSO_4) und ein solcher von Silbernitrat keine Braunfärbung (Ag_2CrO_4) erzeugen.

Vorbereitung des Wassers. Um den störenden Einfluss der Erdalkalibikarbonate (Karbonate) auszuschliessen, bedarf es folgender Vorbehandlung des Wassers. Es werden 100 ccm des Wassers in einen Kolben von ungefähr 150 ccm Inhalt gefüllt und die Höhe des Wasserspiegels durch eine Marke bezeichnet. Hierauf wird eine halbe Stunde lang zum Sieden erhitzt und während dieser Zeit des Oefteren bis zur Marke mit destillirtem Wasser aufgefüllt. Ein stärkeres Eindampfen des Wassers ist zu vermeiden, da sich hierbei der Gips (schwefelsaurer Kalk) krystallinisch ausscheiden kann, in welcher Form derselbe sehr schwer wieder löslich ist. Zur Trennung der ausgefallenen Karbonate wird das Wasser heiss in einen Maasskolben von 150 ccm Inhalt filtrirt und der Rest durch öfteres Nachspülen mit destillirtem Wasser aus dem ersten Kolben entfernt.

Das in dieser Weise behandelte Wasser wird in dem Maasskolben zum Sieden erhitzt und je nach dem Ausfall der qualitativen Bestimmung der Schwefelsäure fügt man 10 bis 20 ccm der $\frac{1}{10}$ Normalchlorbaryum-Lösung hinzu, worauf sich ein weisser Niederschlag von schwefelsaurem Baryt bildet. Nachdem man einige Minuten zum Kochen erhitzt hat, lässt man aus einer Glashahnbürette $\frac{1}{10}$ Kaliumammoniumchromat-Lösung zufließen, filtrirt ab und zu einige Kubikcentimeter in Proberöhrchen ab und sieht nach, ob die Flüssigkeit noch keinen gelblichen Schein zeigt. Das Filtrat wird stets wieder in den Kolben zurückgegossen. Sobald sich eine Gelbfärbung des Filtrates erkennen lässt, wird die Bürette abgelesen. Die Flüssigkeit wird im Kolben abgekühlt, hiernach auf 150 ccm mit destillirtem Wasser aufgefüllt und filtrirt. Es gilt nun, das überschüssige Chromat colorimetrisch zu bestimmen. Zu diesem Behufe werden 100 ccm des letzteren Filtrates in einen Cylinder gefüllt; in einen zweiten Cylinder von gleicher Weite giebt man 100 ccm destillirten Wassers und fügt aus der Bürette unter wiederholtem Umschütteln

soviel Kaliumammoniumchromatlösung hinzu, bis man die gleiche Gelbfärbung erzielt hat. Der Verbrauch giebt die Grösse des Ueberschusses an, welcher von der ersten Ablesung der Bürette in Abzug kommt. Da jedoch statt 150 ccm nur 100 verwendet worden sind, so ist die Zahl noch mit $\frac{3}{2}$ zu multipliciren. Da ferner 1 ccm der $\frac{1}{10}$ Normal-Chlorbaryumlösung genau 4 mg Schwefelsäure (SO_3) entspricht, so ist das Ergebniss noch mit 4 zu multipliciren.

Beispiel: Zu 100 ccm gekochten und filtrirten Wassers wurden 20 ccm Chlorbaryum-Lösung hinzugesetzt. Nach Verbrauch von 17,6 ccm der Kaliumammoniumchromat-Lösung trat Gelbfärbung der überstehenden Flüssigkeit ein. Um in 100 ccm destillirten Wassers die gleiche Gelbfärbung zu erzielen, wie in 100 ccm des auf 150 ccm verdünnten Filtrates waren 0,3 ccm Kaliumammoniumchromatlösung erforderlich. Der wirkliche Bedarf betrug deshalb $17,6 - \frac{3}{2} \times 0,3 = 17,15$.

100 ccm Wasser enthielten demnach $(20 - 17,15) \cdot 4 = 11,40$ mg Schwefelsäure, demgemäss 1 Liter Wasser 114 mg SO_3 .

Schwefelwasserstoff (Sulfide).

Qualitativer Nachweis.

Der Schwefelwasserstoff kann im Wasser in freier Form auftreten. In diesem Falle wird derselbe durch unser für dieses Gas äusserst empfindliches Geruchsorgan schon in den geringsten Spuren nachweisbar sein.

Zum chemischen Nachweis ist es zweckmässig, das Wasser zuerst von den Erdalkalien zu befreien, indem man 100 ccm desselben in einem verschliessbaren (Glasstöpsel) Glas mit je 1—2 ccm Natriumhydrat- und Natriumkarbonat-Lösung (1 : 2) versetzt und den entstandenen Niederschlag vollständig absitzen lässt. Ein Theil der überstehenden klaren Flüssigkeit wird mit der Pipette abgehoben und in ein enges Proberöhrchen gebracht. Es entsteht

1. auf Zusatz von alkalischer Bleilösung eine gelbbraunliche bis schwärzliche Färbung, bei dem Vorhandensein grösserer Mengen ein schwarzer Niederschlag von Bleisulfid, welcher sich allmählich absetzt;

2. auf Zusatz einer Lösung von Nitroprussidnatrium tritt Violettfärbung auf.

Schwache Reaktionen wird man vortheilhaft beobachten, indem man das Proberöhrchen von oben gegen eine weisse Unterlage betrachtet.

Die alkalische Bleilösung wird bereitet, indem man zu einer 10% Lösung von Bleiacetat Natronlauge so lange hinzufügt, bis der anfänglich entstehende Niederschlag sich wieder gelöst hat.

Quantitative Bestimmung.

Zuverlässige Resultate ergiebt die Bestimmung des Schwefelwasserstoffs durch Vergleichung der Farbenunterschiede, welche durch Verwendung des alkalischen Nitroprussidnatriums entstehen. Diese Methode setzt die Benutzung einer Schwefelwasserstofflösung von bekanntem Gehalte als Vergleichsobjekt voraus. Zur Herstellung derselben übergiesst man Schwefeleisen in einem Kolben mit verdünnter Schwefelsäure und leitet das sich entwickelnde Gas in vorher abgekochtes, wieder erkaltetes destillirtes Wasser ein. Das auf diese Weise dargestellte Schwefelwasserstoffwasser ist in kleine (100 ccm) Flaschen abzufüllen und gut verschlossen im Dunkeln aufzubewahren. Die Neigung des Gases zu entweichen und sich zu oxydiren, ist sehr gross; es ist daher der Gehalt der Lösung stets vor dem Gebrauch neu zu bestimmen.

Zur Ausführung dieser Bestimmung sind folgende Lösungen nothwendig:

a) eine $\frac{1}{10}$ normale Jodlösung.

Das käufliche, reine, sublimirte Jod wird längere Zeit im Schwefelsäure-Exsiccator getrocknet. Von demselben werden 12,7 g in einer Lösung von 20 g reinem Kalijodid zu 200 ccm destillirten Wassers in einer Literflasche gelöst und hierauf mit destillirtem Wasser bis zu 1000 ccm aufgefüllt.

b) eine $\frac{1}{10}$ normale Natriumarsenitlösung (arsenigsaure Natriumlösung).

In eine Kochflasche werden zu 4,95 g reiner, weisser, arseniger Säure 200 ccm destillirtes Wasser gegeben. Man setzt hierauf 10—12 g reines, krystallisirtes Natriumkarbonat hinzu und erwärmt bis zum gelinden Kochen, worauf unter Kohlensäure-Entwicklung die Lösung des aufschwimmenden Pulvers beginnt.

Man fügt abermals 12 g Natriumkarbonat hinzu und erhält die Flüssigkeit im Sieden unter Ergänzung des verdampften Wassers, bis vollständige Lösung eingetreten ist. Nach dem Erkalten filtrirt man in einen trockenen Maasskolben von 1 Liter Inhalt, wäscht das Filter mit destillirtem Wasser aus und füllt bis zur Marke auf.

Verdünnt man 20 ccm der in dieser Weise bereiteten Natriumarsenitlösung in einem Kolben mit dem dreifachen Maass destillirten Wassers und fügt einige Tropfen Stärkelösung hinzu, so müssen gerade 20 ccm der $\frac{1}{10}$ normalen Jodlösung hinreichen, um Blaufärbung hervorzurufen.

Um den Gehalt des eben dargestellten Schwefelwasserstoffwassers zu ermitteln, verfährt man in folgender Weise. In einen Maasskolben von 300 ccm giebt man eine bestimmte Menge desselben, fügt ein bekanntes Volumen Natriumarsenitlösung hinzu und versetzt die Mischung mit Salzsäure bis zur deutlichen, sauren Reaktion. Ein noch etwa bestehender Geruch nach Schwefelwasserstoff zeigt an, dass Natriumarsenit in ungenügendem Maasse vorhanden ist und bedingt einen weiteren Zusatz desselben. Nach dem Auffüllen bis zur Marke wird der gelbe Niederschlag von Schwefelarsen durch ein trockenes Filter getrennt und das Filtrat in einem trockenen Glase aufgefangen.

Von dem letzteren werden 100 ccm in ein Becherglas gegeben und zur Sättigung der freien Säure Natriumbikarbonat in Pulverform zugefügt.

Man lässt schliesslich zu dieser Flüssigkeit einige Tropfen Stärkelösung hinzufließen und titirt aus einer Glashahnbürette solange mit der $\frac{1}{10}$ normalen Jodlösung, bis Blaufärbung eintritt. Die an der Bürette abgelesenen Kubikcentimeter sind mit 3 zu multipliciren, da nur $\frac{1}{3}$ des ursprünglich verwendeten Schwefelwasserstoffwassers zur Titrirung gekommen ist. Von diesem Produkt zieht man die Anzahl der hinzugegebenen Kubikcentimeter Natriumarsenitlösung ab. Multiplicirt man diese Differenz mit 2,55, so bekommt man den Gehalt des Schwefelwasserstoffwassers in Milligrammen.

Prüfung des zu untersuchenden Wassers. Man füllt in ein mit Glasstöpsel versehenes Glas 300 ccm des Wassers, bewirkt durch Zufügung von 5 ccm Natriumhydrat und 3 ccm Natriumkarbonat-Lösung der oben erwähnten Konzentration die Aus-

fällung der Erdalkalien und schliesst gut ab. Sobald sich der Niederschlag vollständig abgesetzt hat, giesst man 250 ccm in einen engen Cylinder ab, fügt 1 ccm Nitroprussidnatriumlösung hinzu, welche durch Lösung von 4 g dieses Salzes in 1 Liter destillirten Wassers hergestellt ist, und beobachtet nach dem Umschütteln die Rothfärbung.

Zur Bestimmung dieser durch den Schwefelwasserstoffgehalt hervorgerufenen Rothfärbung giebt man in einen gleichen Cylinder 245 ccm destillirten Wassers, fügt 1 ccm Nitroprussidnatrium und 2 ccm Natriumhydrat-Lösung hinzu und lässt aus einer Bürette soviel des vorher geprüften Schwefelwasserstoffwassers hinzufliessen, bis unter Umschütteln der Flüssigkeit der gleiche Farbenton entstanden ist. Man ermittelt nun auf Grund der vorausgegangenen Prüfung des Schwefelwasserstoffwassers, wieviel die jetzt verbrauchten Kubikcentimeter desselben Milligramme Schwefelwasserstoff enthalten haben und berechnet hieraus den Gehalt des Wassers an diesem Bestandtheil auf 1 Liter. Sollte das Wasser mehr als 20 mg im Liter enthalten, so ist mit Verdünnungen zu arbeiten; bei einem Gehalt von 1 mg im Liter liefert diese Methode keine zuverlässige Resultate mehr.

Anmerkung. Zur Bereitung der Stärkelösung schwemmt man eine kleine Messerspitze voll Stärkekleister in kaltem, destillirtem Wasser auf, lässt diese Flüssigkeit in siedendes destillirtes Wasser eintropfen, wobei man die Siedehitze erhält, bis unter stetigem Umrühren die Stärke verkleistert ist.

Kohlensäure.

Die Kohlensäure kommt im Wasser in drei Formen vor, als freie, völlig gebundene und halbgebundene. Insofern die vorhandenen Basen gebunden sind, vermag das Wasser das Gas noch in Lösung zu nehmen. Dieser Antheil der Kohlensäure ist dann als „freie“ vorhanden. Weiterhin kann aber Kohlensäure an Alkalien (Kali, Natron) gebunden sein, in welchem Zustande sie als einfach kohlensaure Verbindung (Monokarbonate) im Wasser löslich ist und als „völlig gebundene“ zu betrachten ist. Dagegen ist die Löslichkeit der kohlensauren Erdalkalien (Kalk, Magnesia) von einem zweiten Molekül Kohlen-

säure abhängig (Bikarbonate). Unter Umständen entweicht die „halbgebundene Kohlensäure“ und hat dann eine Ausfällung der Erdalkalien im Gefolge.

Qualitativer Nachweis.

Bei Anwesenheit von Kohlensäure im Wasser, gleichgültig in welcher Form, tritt auf Zusatz von Calciumhydratlösung eine Ausfällung von kohlensauren Kalk ein. Bei diesem Versuche ist darauf zu achten, dass die Flasche fast vollständig angefüllt ist, damit sie keine kohlensäurehaltige Luft einschliesst, und dass dieselbe gut verschlossen wird, um ein Entweichen dieses Gases vor seiner Bindung zu verhindern.

Der Nachweis der freien Kohlensäure geschieht, indem man zu dem Wasser in einem Kölbchen einige Tropfen Rosolsäure (1% Lösung in verdünntem Alkohol) giebt; ihr Vorhandensein zeigt sich durch eine Gelbfärbung an. Geringe Mengen können durch diese Reaktion nach Trillich nicht mehr nachgewiesen werden, wenn gleichzeitig Bikarbonate reichlich vorhanden sind, da die Alkaleszenz der letzteren eine Rosafärbung der Rosolsäure herbeiführt.

Die völlig gebundene Kohlensäure zeigt sich durch ein Aufbrausen des mit Salzsäure befeuchteten, geglühten Rückstandes des Wassers an.

Quantitative Bestimmung.

1. Bestimmung der gesamten Kohlensäure.

Wie eben unter 3 des vorhergehenden Absatzes erörtert worden ist, lassen sich durch Zusatz von Calciumhydrat die freie und halbgebundene Kohlensäure an den Kalk binden und bilden dann in dieser Form eine in Wasser unlösliche Verbindung von Calciumkarbonat. Das Gleiche gilt für das kohlensaure Eisenoxydul. Um die völlig gebundene Kohlensäure in die gleiche Form überzuführen, setzt man Calciumchlorid hinzu, wobei die Chloride der Alkalien (Natrium-, Kalium-Chlorid) entstehen, während andererseits die Kohlensäure mit dem Kalk in Verbindung tritt. Aus dem gewonnenen Calciumkarbonat lässt sich die Kohlensäure durch Salzsäure austreiben, worauf sie durch Wägung oder Titrierung bestimmt werden kann. Da Calciumkarbonat in

verdünnten Lösungen von Calciumhydrat nicht ganz unlöslich ist, so fällt das Ergebniss etwas zu niedrig (um 10 bis 15 mg CO_2 für das Liter) aus.

Untersuchung des Wassers. Je nachdem das Wasser reich oder arm an Kohlensäure ist, giebt man in eine Kochflasche von ungefähr 300 ccm Inhalt 3, 1 oder 0,5 g Calciumhydrat und bestimmt das Gewicht der so hergerichteten Flasche. Diese wird nunmehr mit dem zu prüfenden Wasser fast völlig gefüllt und zwar ist dasselbe vorher in einer Kältemischung auf $4-5^\circ$ abzukühlen und vermittelst eines Hebers überzuführen, um einen Verlust des zu ermittelnden Gases thunlichst zu ver-

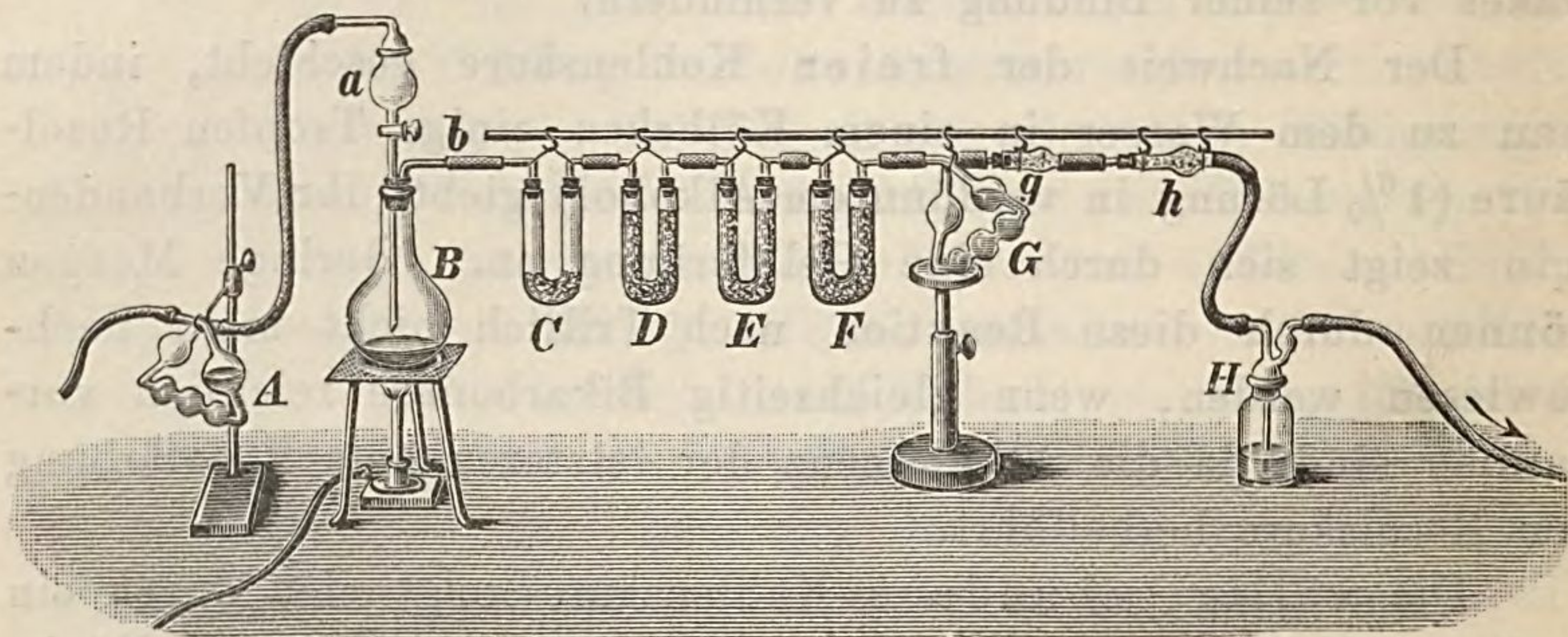


Fig. 7.

meiden. Durch eine zweite Wägung erfährt man jetzt die Menge des Wassers, welche in Untersuchung genommen wird. Zur Ueberführung der Alkalikarbonate in Chloride setzt man nun 1 ccm Calciumchlorid hinzu. Die Flasche wird durch einen gut schliessenden Kautschukstopfen geschlossen, ihr Inhalt durch öfteres Umschwenken gelöst und auf dem Wasserbade 30—40 Minuten erwärmt, um das ausgefällte amorphe Calciumkarbonat krystallinisch zu bekommen, in welcher Form es sich leichter absetzt. Dabei ist der Stopfen nach Bedarf zu lüften, um die durch Ausdehnung des Flascheninhaltes komprimierte Luft entweichen zu lassen.

Nachdem sich das Calciumkarbonat vollständig abgesetzt hat, giesst man die überstehende klare Flüssigkeit durch ein Filter ab bis auf ein Geringes und giebt das Filter ohne auszuwaschen wieder in die Flasche. An diese wird nunmehr ein

Apparat angefügt, vermittelt dessen man die Kohlensäure aus ihrer festen Verbindung austreiben und dann auffangen kann. Die Einrichtung desselben ist nach Tiemann-Gaertner die in nebenstehender Figur 7 dargestellte. Die den Kalkniederschlag enthaltende Flasche B wird mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen versehen, welcher einerseits den Kugeltrichter a, an welchem der Kaliapparat A angehängt ist, andererseits das Verbindungsrohr b trägt zum Anschluss der dahinter liegenden Theile des Apparates. Die einzelnen Theile des letzteren werden folgendermaassen beschickt. Von den U-förmigen Röhren enthält C eine geringe Menge entwässerten Chlorcalciums, um die sich entwickelnden, sich bald wieder verdichtenden Wasserdämpfe zurückzuhalten; der etwa noch weiter gehende Wasserdampf wird in den vollständig gefüllten Chlorcalciumröhren D und F absorbiert. Das Rohr E enthält Kupfervitriolbimsstein; G ist ein Kaliapparat, welcher mit dem Kugelrohr g verbunden ein Ganzes bildet; das Rohr h bildet eine später zu erläuternde Schutzvorrichtung. Den Apparat schliesst eine mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Waschflasche H nach hinten ab.

Um eine Absorption von Kohlensäure in den Röhren C, D und F zu vermeiden, muss das Chlorcalcium in denselben vor deren Einschaltung mit Kohlensäure gesättigt werden. Zu diesem Zwecke verbindet man dieselben mit einem Kohlensäureentwicklungs-Apparat, leitet 10 Minuten lang Kohlensäure hindurch und entfernt den Ueberfluss der Säure durch einen ebenfalls 10 Minuten andauernden Luftstrom.

Der Bimsstein in der Röhre E wird hergestellt, indem man erbsengrosse Bimssteinstücken in concentrirter Kupfersulfatlösung bis zur vollständigen Austreibung der Luft erhitzt und diese hierauf durch Erwärmung nach Entfernung der überschüssigen Flüssigkeit trocknet. A und G werden mit Kalilauge, g mit Stücken von trockenem Kaliumhydrat und h von vorne mit Kalistückchen, von hinten mit Chlorcalcium gefüllt.

Hierauf wird der Apparat zusammengestellt und zunächst auf seine Luftdichtigkeit durch Ansaugen an dem Ausmündungsrohr von H bei gleichzeitigem Schlusse der Zuführungsöffnung von A und offenem Hahn des Trichters a geprüft.

Um die kohlensäurehaltige Luft aus B zu entfernen, wird an H ein Aspirator angesetzt und in der Richtung des Pfeils

10 Minuten lang Luft durch den Apparat hindurchgesogen, welche durch die Kalilauge in A ihres Kohlensäuregehaltes beraubt wird. Hierauf wird der Kaliapparat G zusammen mit g genau gewogen. Nach Entfernung des Aspirators füllt man den Kugeltrichter a mit verdünnter Salzsäure (1 Volumen Salzsäure von 1,10 Volumgewicht und 1 Volumen destillirten Wassers), schliesst A durch einen Quetschhahn ab und lässt diese bei Vermeidung der völligen Entleerung des Trichters in dem Maasse abfliessen, dass eine gleichmässige, langsame Entwicklung von Kohlensäure stattfindet, sodass die Blasen in dem Kaliapparat G nicht zu rasch ungefähr 2 in der Sekunde aufsteigen. Etwa mitgerissenes Salzsäuregas wird durch den Kupfervitriolbimsstein zurückgehalten; die gebildete, wasserfreie Kohlensäure wird durch die Kalilauge in G und das Kaliumhydrat in g absorbirt. Ein Zurücktreten feuchter Kohlensäure verhüten die Füllungen von H und h. Sobald die Gasentwicklung in B nachlässt, erwärmt man mit einer Flamme, ohne es zum Sieden kommen zu lassen. Hierauf schliesst man den Aspirator an und saugt nach Oeffnung des Trichterhahns und Entfernung des Quetschhahns bei A 10 Minuten lang Luft langsam durch den Apparat. Damit ist der Versuch beendet; die Gewichtszunahme von G und g giebt die Kohlensäuremenge an, welche in B vorhanden war. Diese stammt jedoch nicht aus dem geprüften Wasser allein, sondern, da das Calciumhydrat, welches zur Fällung benutzt worden ist, stets Kohlensäure eingeschlossen enthält, so ist dieser Gehalt in Abzug zu bringen. Man wird daher eine Durchschnittsprobe des Calciumhydrats in gleicher Weise prüfen und das Ergebniss in Abzug bringen.

Beispiel. 305 g Wasser sammt den zur Fällung benutzten 3 g Calciumhydrat enthielten 126 mg Kohlensäure (CO_2).

Eine Durchschnittsprobe von Calciumhydrat enthielt 1,5% CO_2 . Demgemäss waren in 3 g = 4,5 mg CO_2 .

In 305 g Wasser waren sonach vorhanden

$$126 - 4,5 = 121,5 \text{ mg } \text{CO}_2$$

oder im Liter

$$305 : 121,5 = 1000 : x$$

$$x = 398,3.$$

Das Wasser enthielt im Liter 398,3 mg gesammte Kohlensäure (CO_2).

Will man die Kohlensäure anstatt durch Wägung durch Titrirung bestimmen, so ersetzt man den Absorptionsapparat Gg durch zwei Pettenkofer'sche Barytröhren (Fig. 8) und verfährt im Uebrigen wie vorher. Das entbundene Gas wird in der Baryumhydroxydlösung (Barytwasser) als kohlensaurer Baryt gefällt.

Indem man ermittelt, wieviel von einer Oxalsäurelösung von genau bestimmtem Gehalte zur Neutralisation des Barytwassers vor und nach dem Versuch benöthigt wird, lässt sich aus der Differenz die Menge der gelieferten Kohlensäure berechnen.

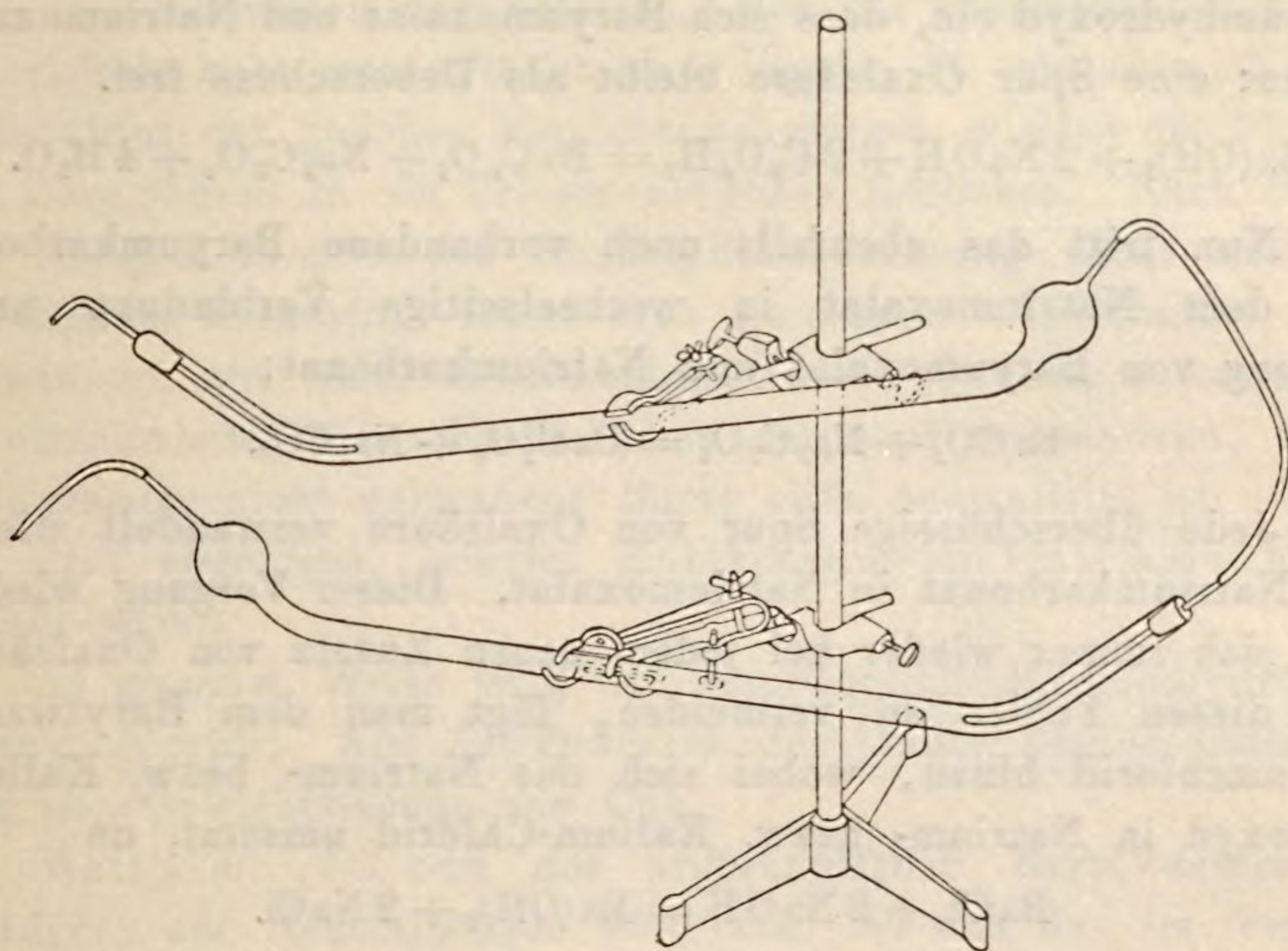
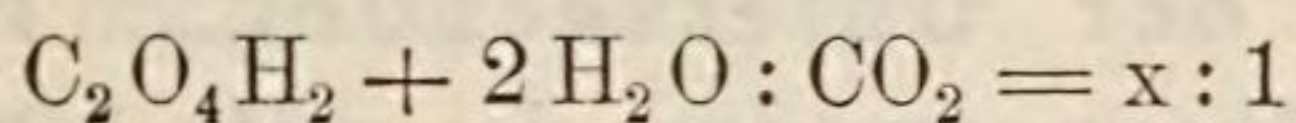


Fig. 8.

Die Oxalsäurelösung wählt man zweckmässig so stark, dass 1 ccm derselben 1 mg CO_2 entspricht. Da

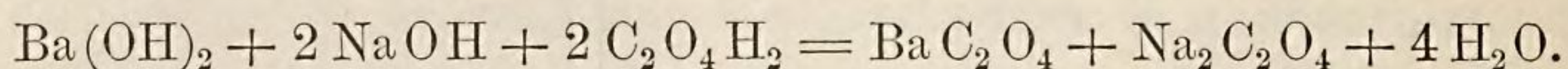


oder

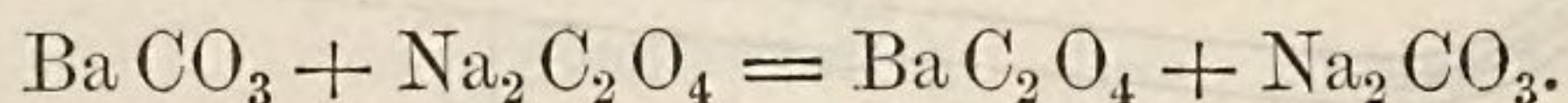
2 C	24		
2 H	2		
4 O	64		
4 H	4	C	12
2 O	32	2 O	32
126		44	
	:		$= x : 1$

und demgemäss $x = 2,8636$, so müssen 2,8636 g reine, trockene Oxalsäure in 1 l destillirten Wassers gelöst werden; 1 ccm hiervon entspricht 1 mg CO_2 .

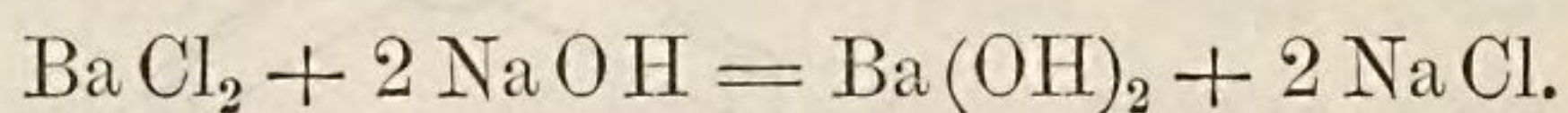
Zur Herstellung des Barytwassers löst man ungefähr 9 g reines, krystallisirtes Baryumhydroxyd $[\text{Ba}(\text{OH})_2 + 8 \text{H}_2\text{O}]$ in 1 l destillirten Wassers und fügt 0,5 g Chlorbaryum $[\text{BaCl}_2]$ hinzu. Dieser Zusatz ist nach Pettenkofer's Vorschrift deshalb nothwendig, weil das käufliche Baryumhydroxyd (Aetzbaryt) nicht ganz frei ist von kohlensaurem Baryt $[\text{BaCO}_3]$ und Natrium- bzw. Kaliumhydroxyd $[\text{NaOH}$ bzw. $\text{KOH}]$. Das Natriumhydroxyd wirkt bei Gegenwart der Oxalsäure derart auf das Baryumhydroxyd ein, dass sich Baryumoxalat und Natriumoxalat bilden; eine Spur Oxalsäure bleibt als Ueberschuss frei.



Nun tritt das ebenfalls noch vorhandene Baryumkarbonat mit dem Natriumoxalat in wechselseitige Verbindung unter Bildung von Baryumoxalat und Natriumkarbonat:



Jede überschüssige Spur von Oxalsäure verwandelt wieder das Natriumkarbonat in Natriumoxalat. Dieser Vorgang wiederholt sich immer wieder bei jedem neuen Zusatz von Oxalsäure. Um diesen Fehler zu vermeiden, fügt man dem Barytwasser Baryumchlorid hinzu, wobei sich das Natrium- bzw. Kaliumhydroxyd in Natrium- bzw. Kalium-Chlorid umsetzt, da



Hierdurch ist die nachtheilige Bildung von kohlensaurem Alkali ausgeschlossen.

Als Indicator wird bei der Titration eine Phenolphthaleinlösung (3 g zu 100 ccm wässrigem Alkohol) gebraucht.

Ausführung der Untersuchung. Die beiden Pettenkofer'schen Barytröhren werden je mit 100 ccm Barytwasser gefüllt und in den Apparat dazwischen geschaltet, nachdem man die kohlensäurehaltige Luft durch kohlensäurefreie wie oben ersetzt hat. Die Füllung geschieht mittelst einer Pipette. Die Entfernung des letzten Restes in derselben durch Ausblasen ist stets zu vermeiden, um nicht die kohlensäurereiche ausgeathmete Luft mit der Barytflüssigkeit in Berührung zu bringen;

vielmehr bewerkstelligt man dieses, indem man die Pipette oben mit dem Finger schliesst und durch Umfassen mit der vollen Handfläche erwärmt. Der Versuch wird nun durch Entbindung der Kohlensäure in B in Gang gesetzt, und zu Ende desselben saugt man wieder 10 Minuten lang kohlensäurefreie (Wirkung von A) Luft durch den ganzen Apparat. Hierauf füllt man den Inhalt der beiden Barytröhren in möglichst kohlensäurearmer Atmosphäre, im Freien oder am geöffneten Fenster, ohne nachzuwaschen in ein gut schliessendes Stöpselglas über. Dieses stellt man bei Seite, bis sich der weisse Niederschlag von kohlensaurem Baryt vollständig abgesetzt hat, was gewöhnlich nach 6—8 Stunden der Fall ist. Von der überstehenden klaren Flüssigkeit hebt man mittelst einer Pipette 50 ccm ab und giebt diese unter der gleichen Vorsichtsmaassregel, wie bei der Füllung der Barytröhren in ein Erlenmeyer'sches Kölbchen. Nach Zusatz von einigen Tropfen der Phenolphthaleinlösung färbt sich die Flüssigkeit rosaroth. Lässt man nun unter wiederholtem Umschwenken aus einer Glashahnbürette die Oxalsäure zutropfen, so verschwindet diese Farbe, wenn der noch vorhandene, durch Kohlensäure nicht gebundene Baryt eben neutralisirt ist. Hierauf wird abgelesen, wieviel Kubikcentimeter Oxalsäure hierzu nöthig waren.

In gleicher Weise wird die ursprüngliche Baryumhydroxydlösung geprüft. Aus der Differenz der beiden Zahlen berechnet man die Gewichtsmenge von CO_2 .

Beispiel. 50 ccm des ursprünglichen Barytwassers benötigten zur Neutralisation 45,0 ccm, 50 ccm des im Versuch gebrauchten 19,7 ccm Oxalsäurelösung. Die Differenz betrug also $45,0 - 19,7 = 25,3$; da jedoch in den Barytröhren sich 200 ccm Flüssigkeit befanden, so wären zur Neutralisation dieser $4 \cdot 25,3 = 101,2$ ccm Oxalsäurelösung nöthig gewesen. Da 1 ccm derselben 1 mg CO_2 entspricht, so befanden sich darin 101,2 mg CO_2 .

Es sollen 310 g Wasser untersucht worden sein, so enthielt nach der Gleichung

$$310 : 101,2 = 1000 : x$$

1 l 326,4 mg gesammte Kohlensäure (CO_2).

Bemerkungen. Um bei dem zu prüfenden Wasser jeden Verlust an Kohlensäure durch Ueberfüllen in die Kochflasche B

zu verhüten, beschickt man diese mit der nöthigen Menge von Calciumhydrat, bestimmt das gesammte Gewicht und lässt das Wasser bei der Entnahme an Ort und Stelle mittelst folgender Vorrichtung eintreten. Die Flasche wird mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen versehen, welcher zwei Glasröhren in der Anordnung der nebenstehenden Figur 9 trägt. Man schliesst die äussere Mündung des Rohres *c d* mit dem Finger, taucht die Flasche im Wasser unter und lässt dasselbe durch das Rohr *a b* nach Entfernung des Fingers eintreten. Die Flasche wird hiernach mit einem anderen, nicht durchbohrten Stopfen dicht geschlossen

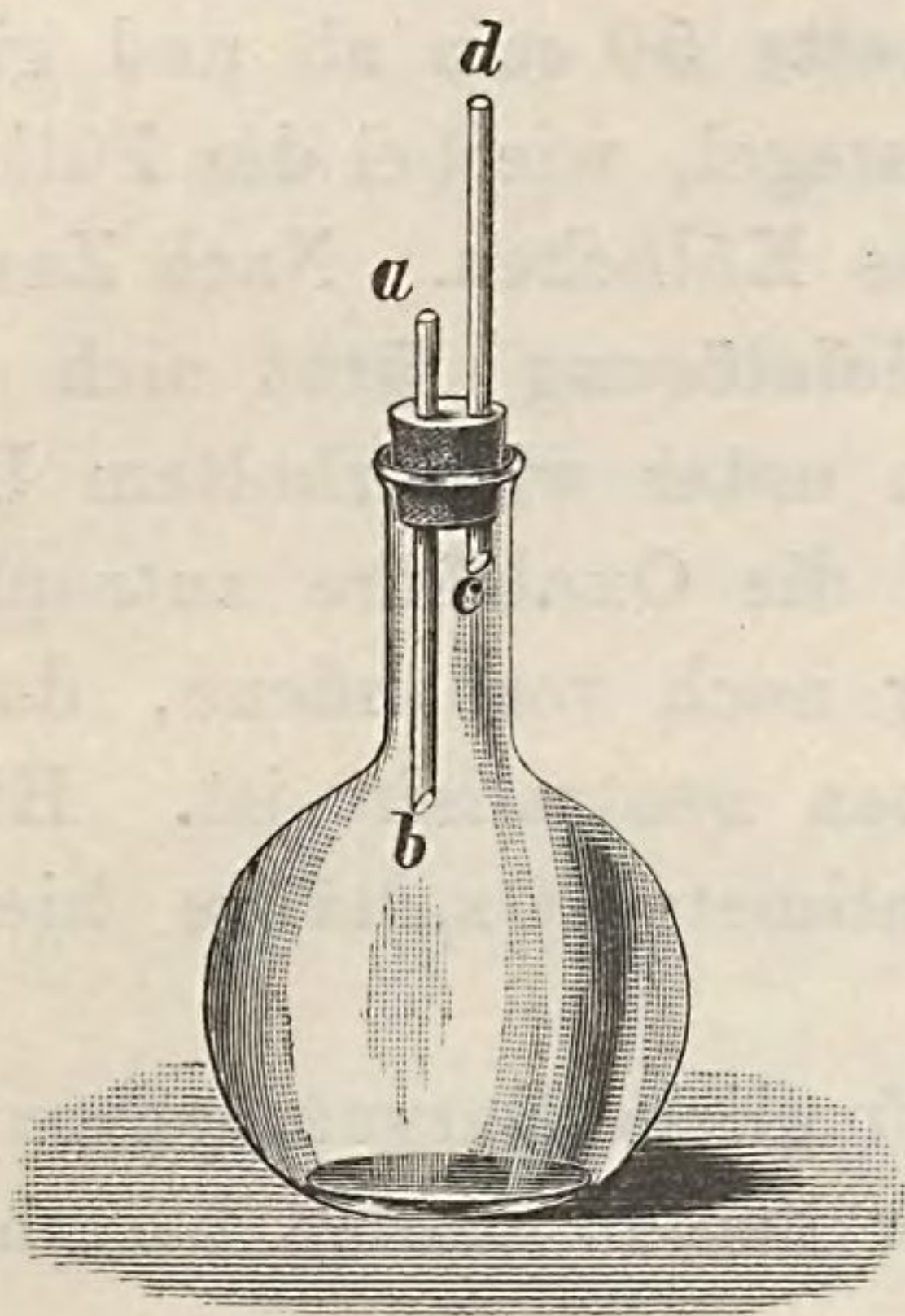


Fig. 9.

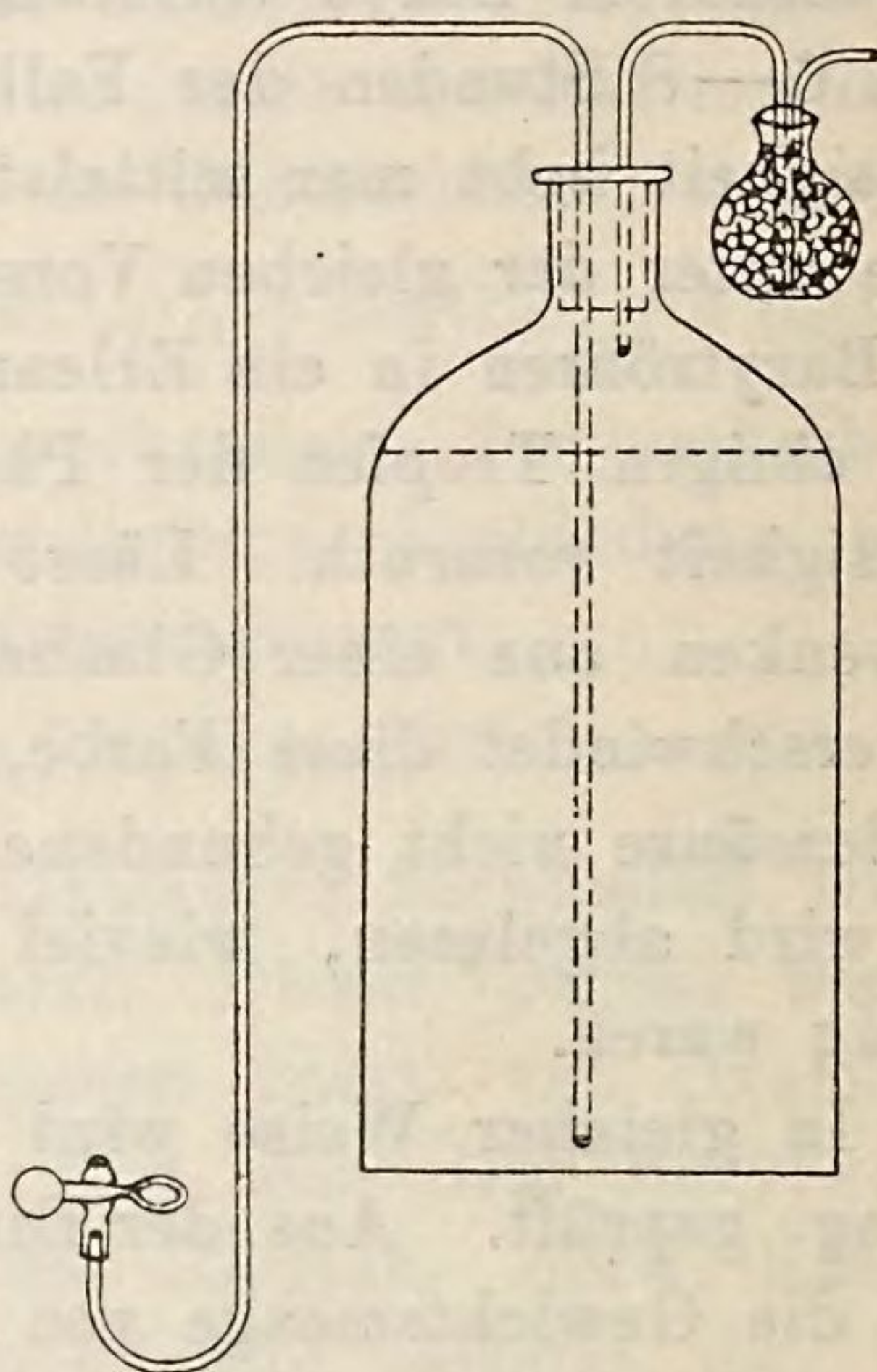


Fig. 10.

und die Menge des Wassers durch Wägung im Laboratorium bestimmt. Im Uebrigen wird, wie oben geschildert, verfahren.

Will man viele Untersuchungen mittelst Titrirung hintereinander anstellen, so ist es zweckmässig, gleich mehrere Liter Barytwasser herzustellen und dieses in geeigneter Weise vor dem Zutritt kohlensäurehaltiger Luft zu schützen. Dieses erzielt man, indem man eine Flasche mit einem Heber versieht, welcher an seiner Ausflussstelle ein Stückchen Kautschukrohr zum Ansatz der Pipette bei der Entnahme trägt. Die nachströmende Luft streicht durch ein Gefäss, in welchem sich behufs Zurückhaltung der Kohlensäure in Kalilauge getränkte Bimssteinstückchen befinden (Fig. 10). Diese werden in der Weise präparirt, dass

man sie in einer eisernen Schale erhitzt und noch heiss in siedende Kalilauge einträgt; nach dem Erkalten und Abgiessen der überschüssigen Lauge sind dieselben brauchbar.

2. Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure.

Methode nach von Pettenkofer.

Die Methode ist darauf gegründet, dass man die freie und halbgebundene Kohlensäure durch einen Ueberschuss titrirter Baryumhydroxydlösung fällen und den überschüssigen Theil des alkalischen Fällungsmittels nach Absetzen des Niederschlages von Baryumkarbonat in der überstehenden klaren Flüssigkeit durch Oxalsäure bestimmt. Störend ist bei diesem Vorgang, dass sich das Magnesiumkarbonat schwierig ausscheidet. Man setzt deshalb noch Ammoniumchlorid hinzu, worauf anstatt des Magnesiumkarbonats die äquivalente Menge Baryumkarbonat gefällt wird und das Magnesium als Hydroxyd $[Mg(OH)_2]$ in Lösung bleibt, in welcher Form es nicht störend wirkt.

Das Vorhandensein von Alkalimetallkarbonaten oder anderen Salzen der Alkalien, deren Säuren schwer oder nicht lösliche Baryumverbindungen bilden, erfordert den Zusatz einer neutralen Baryumchloridlösung (1 Theil $BaCl_2$ + 10 Theile Wasser).

Wegen der Anwesenheit von Ammoniumchlorid ist bei dieser Titrirung Phenolphthaleïn als Indicator nicht brauchbar; man verwendet vielmehr als solchen Lackmustinktur, deren Herstellung man durch Lösung reinen Lackmusfarbstoffs (Azolithmin oder Lackmoid) bewerkstelligt.

Untersuchung des Wassers. Von dem zu prüfenden Wasser giebt man 100 ccm in einen Maasskolben von 150 ccm Inhalt, fügt 3 ccm Baryumchloridlösung und 2 ccm Ammoniumchlorid hinzu und füllt mit 45 ccm der Baryumhydroxydlösung (Barytwassers) von der gleichen Konzentration, welche auf S. 42 angegeben ist, auf. Da ausser dem Niederschlag von kohlensaurem Baryt auch amorphes Calciumkarbonat ausfällt, welches nicht ganz unlöslich ist und daher der Flüssigkeit alkalische Eigenschaften verleiht, so muss man warten, bis der Niederschlag krystallinisch geworden ist. Die Flasche wird umgeschüttelt, gut verstöpselt und kalt bei Seite gestellt. Die Krystallisation durch Erwärmen zu beschleunigen, ist nicht zulässig, da hierbei Ammoniak entweichen würde.

Nach 12 Stunden hebt man von der überstehenden klaren Flüssigkeit 50 ccm mit der Pipette ab, giebt diese in ein Erlenmeyer'sches Kölbchen (wie auf S. 42), fügt mehrere Tropfen Lackmustinktur hinzu bis zur Blaufärbung und titirt mit der gleichen Oxalsäurelösung, wie sie zur Bestimmung der gesammten Kohlensäure verwendet wird, bis die Farbe in Roth umschlägt. In gleicher Weise wird das ursprüngliche Barytwasser geprüft und aus der Differenz des Oxalsäureverbrauchs die Gewichtsmenge der Kohlensäure berechnet. Da von der gesammten, durch Ausführung des Versuchs entstandenen Flüssigkeitsmenge nur der dritte Theil zur Titrirung verwendet worden ist, so muss man das Ergebniss derselben mit 3 multipliciren. Die Differenz der beiden Titer stellt die der freien und halbgebundenen Kohlensäure entsprechenden Kubikcentimeter Oxalsäurelösung dar; da 1 ccm derselben = 1 mg CO_2 , so giebt die Anzahl derselben den Kohlensäuregehalt in Milligrammen an.

Beispiel. 50 ccm des ursprünglichen Barytwassers erforderten zur Sättigung 40,5 ccm, dagegen $\frac{1}{3}$ der klaren, überstehenden Versuchsflüssigkeit 7,0 oder die gesammte $3 \times 7,0 = 21,0$ ccm Oxalsäurelösung. Daher beträgt die Differenz $40,5 - 21,0 = 19,5$.

19,5 ccm Oxalsäurelösung = 19,5 mg CO_2 ; da diese in 100 ccm Wasser waren, so enthielt 1 l desselben 195 mg freie und halbgebundene Kohlensäure.

3. Bestimmung der freien Kohlensäure.

Wenn man von dem Ergebniss der Bestimmung der gesammten Kohlensäure die Menge der freien und halbgebundenen in Abzug bringt, so erfährt man den Gehalt des Wassers an völlig gebundener Kohlensäure. Da die Erdalkalien nur durch das Hinzutreten eines zweiten Moleküls CO_2 sich in Lösung halten können, so ist die Menge der lose gebundenen der der fest gebundenen Moleküle für diese Verbindungen (Bikarbonate) gleich. Zieht man daher die völlig gebundene Kohlensäure von der freien sammt der halbgebundenen ab, so erhält man die Gewichtsmenge der freien Kohlensäure. Von diesem Ergebniss sind mindestens 10 mg in Abzug zu bringen, da das Gewicht der gesammten Kohlensäure aus dem oben angeführten Grunde (vergl. S. 40) zu niedrig war.

Beispiel. Das Wasser enthielt 326,4 mg gesammte und 195,0 mg freie und halbgebundene Kohlensäure, demnach $326,4 - 195,0 = 131,4$ mg völlig gebundene Kohlensäure; da $195,0 - 131,4 - 10 = 53,6$, so enthielt 1 l Wasser 53,6 mg freie Kohlensäure.

Salpetersäure (Nitrate).

Qualitativer Nachweis.

Der Nachweis der Salpetersäure bietet insofern Schwierigkeiten, als die meisten für dieselbe charakteristischen Reaktionen auch bei dem Vorhandensein von salpetriger Säure eintreten. Das verhältnissmässig seltene Auftreten der letzteren Säure in Wässern wird den Zweifel, ob man es mit der einen oder anderen Säure zu thun hat, nicht zu oft auftauchen lassen. Es mögen daher die gebräuchlichsten Methoden des Nachweises von Salpetersäure hier erwähnt sein.

1. Die Brucinreaktion. Von dem zu prüfenden Wasser dampft man 1 ccm in einem flachen Porzellanschälchen ab und fügt zu dem Rückstande 1—2 Tropfen einer gesättigten Brucinlösung hinzu. Lässt man allmählich tropfenweise reine concentrirte Schwefelsäure zufließen, so entsteht bei Gegenwart von Salpetersäure eine Rothfärbung.

2. Die Diphenylaminreaktion. Auf dem Deckel eines Porzellantiegels löst man einige Körnchen reinen Diphenylamins in 4 Tropfen concentrirter Schwefelsäure auf und lässt von der Seite her 1 Tropfen des Wassers zufließen. Die Gegenwart von Salpetersäure zeigt sich durch eine intensive Blaufärbung an.

3. Die Indigoreaktion. Zu ungefähr 20 ccm des Wassers setzt man in einem Kölbchen die doppelte Menge concentrirter Schwefelsäure hinzu und lässt sofort tropfenweise eine Lösung verdünnten blauen Indigos (Bereitung siehe bei der quantitativen Bestimmung S. 48) einfallen. Das Verschwinden der Blaufärbung, welches durch die Oxydation des Indigofarbstoffes zu Isatinschwefelsäure unter gleichzeitiger Bildung von braun und gelb gefärbten Zwischenprodukten bedingt ist, lässt auf das Vorhandensein von Salpetersäure schliessen.

4. Die Jodzinkstärkereaktion. Die Methode beruht

darauf, die Nitrate in Nitrite umzuwandeln und durch den Sauerstoff der letzteren aus einer Zinkjodidstärkelösung Jod frei zu machen, welches zur Bildung von blauer Jodstärke Veranlassung giebt. Zu diesem Behufe werden ungefähr 30 ccm Wasser in einem Proberöhrchen mit Schwefelsäure angesäuert und ein Stückchen reinen Zinks hinzugegeben; der sich bildende Wasserstoff reducirt die Salpetersäure zu salpetriger Säure. Auf Zusatz von Zinkjodidstärkelösung (Bereitung siehe bei der quantitativen Bestimmung der salpetrigen Säure), wobei direktes Sonnenlicht zu vermeiden ist, tritt Blaufärbung ein, wenn Salpetersäure vorhanden war. Zur Unterscheidung dieser Säure von der salpetrigen wird man den Versuch in gleicher Weise ohne Zusatz von Zink ansetzen. Das Eintreten der Reaktion ist nun auf das Vorhandensein von salpetriger Säure zu beziehen.

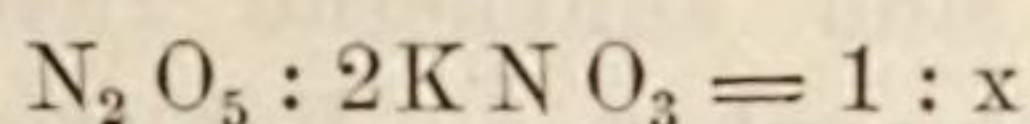
Quantitative Bestimmung.

Methode nach Marx-Trommsdorff.

Die unter 3 beschriebene Methode des qualitativen Nachweises ist zur quantitativen Bestimmung der Salpetersäure geeignet. Man benöthigt hierzu selbstverständlich einer Indigolösung, bei welcher das Quantum der genannten Säure bekannt ist, das die Oxydation resp. die Entfärbung dieses Farbstoffes herbeiführt.

Die Herstellung der Indigolösung geschieht zunächst ohne Einhaltung genauer Gewichtsverhältnisse, der Werth derselben wird vielmehr erst nachher durch eine Nitratlösung von bestimmtem Gehalte festgestellt und durch entsprechende Verdünnung regulirt. Es werden ungefähr 3 g käufliches Indigotin in einer Reibschale mit etwa 60 ccm reiner konzentrirter Schwefelsäure verrieben. Neben etwas Indigomonosulfosäure bildet sich Indigodisulfosäure, welche Umwandlung im Verlauf von 24 Stunden als vollendet betrachtet werden darf. Hat man dieses Gemisch so lange stehen gelassen, so füllt man mit der vierfachen Menge destillirten Wassers auf und filtrirt. Das Filtrat kann in gut verschlossenen Flaschen lange aufbewahrt werden. Zum Gebrauch verdünnt man dasselbe mit destillirtem Wasser, bis es in einer Schicht von 12—15 mm anfängt, durchsichtig zu werden.

Zur Titerstellung einer solchen Lösung ist eine Nitratlösung von bekanntem Gehalte an Salpetersäure (N_2O_5) erforderlich. Hierzu bedient man sich des Kaliumnitrats, da



oder

		2K	78	
2N	28	2N	28	
5O	80	6O	96	
108		:	202	$= 1 : x,$

so ist

$$x = 1,871.$$

Man muss also 1,871 g reines, trockenes Kaliumnitrat in 1 l destillirten Wassers lösen, damit 1 ccm dieser Lösung 1 mg Salpetersäure (N_2O_5) entspricht.

Zur Werthbestimmung der Indigolösung (zur Ermittlung des Titors derselben) giesst man in einen Kolben 1 ccm der Salpeterlösung, fügt 23 ccm destillirten Wassers und 1 ccm Chlornatriumlösung von beliebigem Gehalte hinzu. Der Zusatz der letzteren ist angezeigt, da hierbei die Reaktion günstiger verläuft; bei natürlichen Wässern kann er entbehrt werden, da dieselben stets Chloride enthalten werden. Nun lässt man die doppelte Menge reiner konzentrirter Schwefelsäure rasch zufließen, d. h. 50 ccm, worauf eine sehr starke Erhitzung eintritt, und titirt aus einer auf Null eingestellten Glashahnbürette mit der Indigolösung rasch, bis die Gelbfärbung einer blassgrünen Platz macht. In einem zweiten Versuche lässt man die abgelesenen Kubikcentimeter der Indigolösung nahezu auf einmal zufließen und titirt zu Ende. Der letztere Verbrauch ist als Titer anzusehen, jedoch darf derselbe 6—8 ccm nicht überschreiten, widrigenfalls eine weitere Verdünnung der Indigo-
flüssigkeit vorzunehmen ist. Wurden beispielsweise 6,5 ccm Indigolösung verbraucht, so entsprechen diese 1 mg Salpetersäure, demgemäss Titer = 6,5.

Untersuchung des Wassers. Von dem zu prüfenden Wasser misst man 25 ccm in einen Kolben ab, fügt 50 ccm reiner Schwefelsäure hinzu und verfährt weiter wie bei der Titerstellung. In gleicher Weise muss der Versuch nochmals wiederholt werden; das letztere Ergebniss wird als endgültig angesehen.

Bei dieser Methode der Salpetersäurebestimmung ist besonders darauf zu achten, dass die vorbeschriebenen Maassregeln hinsichtlich der Volumina und der Ausführung genau eingehalten werden. Nur dann sind annähernd zuverlässige Resultate zu erwarten; trotzdem schwanken die Fehlergrenzen derselben nach Flüge bis zu 5 ‰, sogar bis zu 15 ‰ bei sehr stark verunreinigten Wässern.

Eine zu berücksichtigende Fehlerquelle können organische Substanzen bilden, wenn solche in reichlicher Menge und in leicht oxydirbarer Form vorhanden sind. In Fällen, wo das Wasser eine hohe Oxydationsgrösse aufwies, wird man deshalb nach Ausführung der Titrirung mit Kaliumpermanganat (vergl. S. 26) die nach Beendigung dieser Operation restirende Flüssigkeit zur Ausführung der Salpetersäurebestimmung verwenden, da diese frei von organischen Stoffen ist.

Beispiel. Bei Verwendung der 25 ccm Wasser wurden 3,1 ccm Indigolösung bis zum Eintritt der blassgrünen Färbung verbraucht, demgemäss wären für 1 l Wasser $40 \times 3,1 = 124$ ccm benöthigt worden, da

$$6,5 : 1 = 124 : x \quad x = 19,1.$$

1 l Wasser enthielt 19,1 mg Salpetersäure (N_2O_5).

Salpetrige Säure (Nitrite).

Qualitativer Nachweis.

Das Vorhandensein von Nitritverbindungen wird durch die im vorhergehenden Absatz unter 4 (S. 47) beschriebene Methode mit Jodzinkstärkelösung nachgewiesen, vorausgesetzt, dass die Reaktion ohne Beifügung von Zink eintritt. Immerhin wird es zweckmässig sein, sich von der Gegenwart der salpetrigen Säure durch einen anderen Weg zu überzeugen, um die beiden Säuren auseinanderzuhalten. Hierzu eignet sich die Prüfung mittelst einer Lösung schwefelsauren Metaphenylendiamins. Die Herstellung wird bewerkstelligt, indem man ca. 0,5 procentige Lösung reinen, bei 63° schmelzenden Metaphenylendiamins mit verdünnter Schwefelsäure bis zur deutlichen sauren Reaktion versetzt. Die Flüssigkeit muss farblos sein, widrigenfalls sie vor dem Gebrauch durch Erwärmen mit ausgeglühter Thierkohle zu

entfärben ist. Zur Prüfung des zu untersuchenden Wassers säuert man ein halbes Proberöhrchen desselben mit verdünnter Schwefelsäure an und fügt schwefelsaures Metaphenylendiamin hinzu. Etwa vorhandene salpetrige Säure bedingt die Bildung eines Azofarbstoffes, Triamidoazobenzol, welcher sich durch eine gelbbraune Färbung (Bismarckbraun) verräth.

Quantitative Bestimmung.

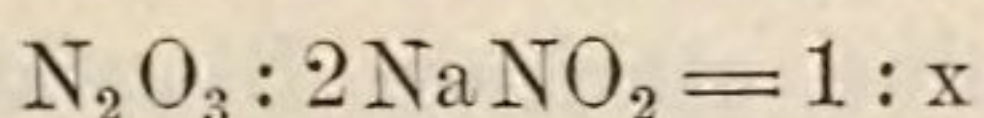
Methode von Trommsdorff.

Die Farbenerscheinung, welche in salpetrigsäurehaltigem Wasser bei Zusatz von Jodzinkstärkelösung und Schwefelsäure auftritt, lässt sich kolorimetrisch verwerthen, wenn man dieselbe mit einer Nitritlösung von bestimmtem Gehalte hervorruft und das Ergebniss in Vergleich stellt.

Die Reaktion ist äusserst empfindlich, sodass ausser den später zu erwähnenden Vorsichtsmaassregeln besondere Sorgfalt auf die Herstellung der nöthigen Reagentien verwendet werden muss.

Die Jodzinkstärkelösung ist die gleiche, welche zur qualitativen Prüfung auf Salpetersäure und salpetrige Säure in entsprechender Anwendung gebraucht wird. Dieselbe wird hergestellt, indem man 4 g Stärkemehl im Porzellanmörser mit wenig destillirtem Wasser zu einer milchigen Flüssigkeit verreibt und diese zunächst in eine siedende Lösung von 20 g käuflichen, reinen Zinkchlorids zu 100 ccm destillirten Wassers unter stetigem Umrühren langsam einträgt. Das Gemenge wird anhaltend unter Ergänzung des verdampfenden Wassers erhitzt, bis es klar geworden ist, d. h. bis sich die Stärke gelöst hat. Hiernach verdünnt man dasselbe, setzt 2 g käufliches, reines, trockenes Zinkjodid hinzu, füllt auf 1 l auf und filtrirt nach Lösung des letzteren. Das Reagenz muss in gut verschlossenen Flaschen im Dunkeln aufbewahrt werden. Es darf auf das Fünzigfache verdünnt auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure eine bläuliche Färbung nicht erkennen lassen.

Zur Herstellung einer Nitritlösung von bestimmtem Gehalte bedient man sich des käuflich zu erhaltenden reinen Natriumnitrits (NaNO_2). Dieses Präparat enthält nur 1 % Verunreinigungen; der hieraus entstehende Fehler ist wenig von Belang. Da



oder

$$\begin{array}{rcl}
 2\text{N} & 28 & 2\text{Na} & 46 \\
 3\text{O} & 48 & 2\text{N} & 28 \\
 \hline
 & 76 & 4\text{O} & 64 \\
 & & \hline
 & & 138 = 1 : x
 \end{array}$$

so ist

$$x = 1,815.$$

Löst man demgemäss 1,815 g Natriumnitrit in 1 l destillirten Wassers und füllt 10 ccm hiervon zu 1 l auf, so entspricht 1 ccm dieser Lösung 0,01 mg salpetriger Säure (N_2O_3).

Untersuchung des Wassers. In einen Standcylinder von ungefähr 20 cm Höhe giebt man 100 ccm des zu prüfenden Wassers, fügt 2 ccm der Jodzinkstärkelösung und 1 ccm 30 % Schwefelsäure hinzu und mischt gehörig durch Umrühren mittelst eines Glasstabes. Ohne unnöthigen Zeitverlust stellt man 4 Cylinder von gleichem Höhen- und Querdurchmesser auf, füllt dieselben mit destillirtem Wasser in entsprechender Menge und setzt 1, 2, 3 und 4 ccm der Natriumnitritlösung hinzu. Nach Hinzufügung der beiden Reagentien in demselben Maassverhältniss wie oben, vergleicht man nach Verlauf von 5 Minuten die 5 Cylinder unter einander, indem man die Höhe der Flüssigkeitssäule gegen eine weisse Unterlage betrachtet. Derjenige Kontrolcylinder, welcher die gleiche Farbenintensität (Blaufärbung) aufweist, wie der, in welchem sich das zu untersuchende Wasser befindet, giebt den N_2O_3 gehalt für 100 ccm Wasser in Milligrammen an, da 1 bzw. 2, 3 oder 4 ccm Nitratlösung 1 bzw. 2, 3 oder 4 mg N_2O_3 entsprechen. War unter diesen Verhältnissen eine Farbengleichheit nicht zu erzielen, so ist der Versuch unter den gleichen Bedingungen zu wiederholen, indem man in weiteren 4 Cylindern den noch nicht genügend intensiven Farbenton durch Vermehrung der Nitritlösung von 0,2 bzw. 0,4, 0,6 oder 0,8 ccm ausfindig zu machen sucht. Das nunmehrige Ergebniss mit 10 multiplicirt bringt den Gehalt 1 l Wassers in Milligrammen zum Ausdruck.

Statt der verschiedenen Kontrolcylinder mit bestimmtem N_2O_3 gehalte kann man auch Farbengleichheit herstellen durch Vergleichung zweier ungleich hoher Flüssigkeitssäulen. Man stellt sich einen Kontrolcylinder in der oben geschilderten Weise her, welcher eine stärkere Blaufärbung aufweist als der

mit dem zu prüfenden Wasser angesetzt, giesst von dieser Vergleichsflüssigkeit zuerst soviel in irgend ein Gefäss (Becherglas), bis die Färbung der restirenden Flüssigkeitssäule heller geworden ist, und sucht dann durch Nachfüllen den gleichen Farbenton zu erzielen.

Zum Arbeiten mit ungleichem Volumen sind sehr zweckmässig die Hehner'schen Cylinder. Einer derselben ist in nebenstehender Fig. 11 abgebildet. Es sind dies graduirte Cylinder von 105 ccm Inhalt, welche unten mit einem Hahn versehen sind. Ein Kontrolcylinder No. I ist in seiner vollständigen Füllung dunkler gefärbt als ein anderer No. II, in welchem sich das zu untersuchende, entsprechend behandelte Wasser befindet. Nun öffnet man den Hahn bei No. I und lässt langsam soviel Flüssigkeit abfliessen, bis in beiden Cylindern der Farbenton gleich ist.

Sei es, dass man Farbengleichheit durch Nachfüllen oder Ablassen des Kontrolcylinders herbeigeführt hat, so liest man den Bestand desselben an Kubikcentimeter Flüssigkeit ab, ermittelt, wie viel sich hierin Milligramme salpetriger Säure befinden, und berechnet daraus den Gehalt derselben in dem Wasser.

Beispiel. Der zur Hälfte entleerte Kontrolcylinder musste wieder bis zu 80 ccm aufgefüllt werden, oder von dem Hehnerschen Kontrolcylinder mussten 20 ccm abgelassen werden, um den gleichen Farbenton wie in dem Cylinder mit dem zu prüfenden Wasser zu erzielen. In vollständiger Füllung von 103 ccm enthielt der Kontrolcylinder (der Hehnersche oder der andere) 0,04 mg N_2O_3 ; demgemäss waren in der Flüssigkeit bei dem Stande von 80 ccm (nach der Gleichung $103 : 0,04 = 80 : x$) 0,031 mg N_2O_3 . Der Gehalt an salpetriger Säure war in 100 ccm Wasser der gleiche; demnach enthielt 1 l desselben

$$0,31 N_2O_3.$$

Der Nachweis von salpetriger Säure mittelst der Jodzink-

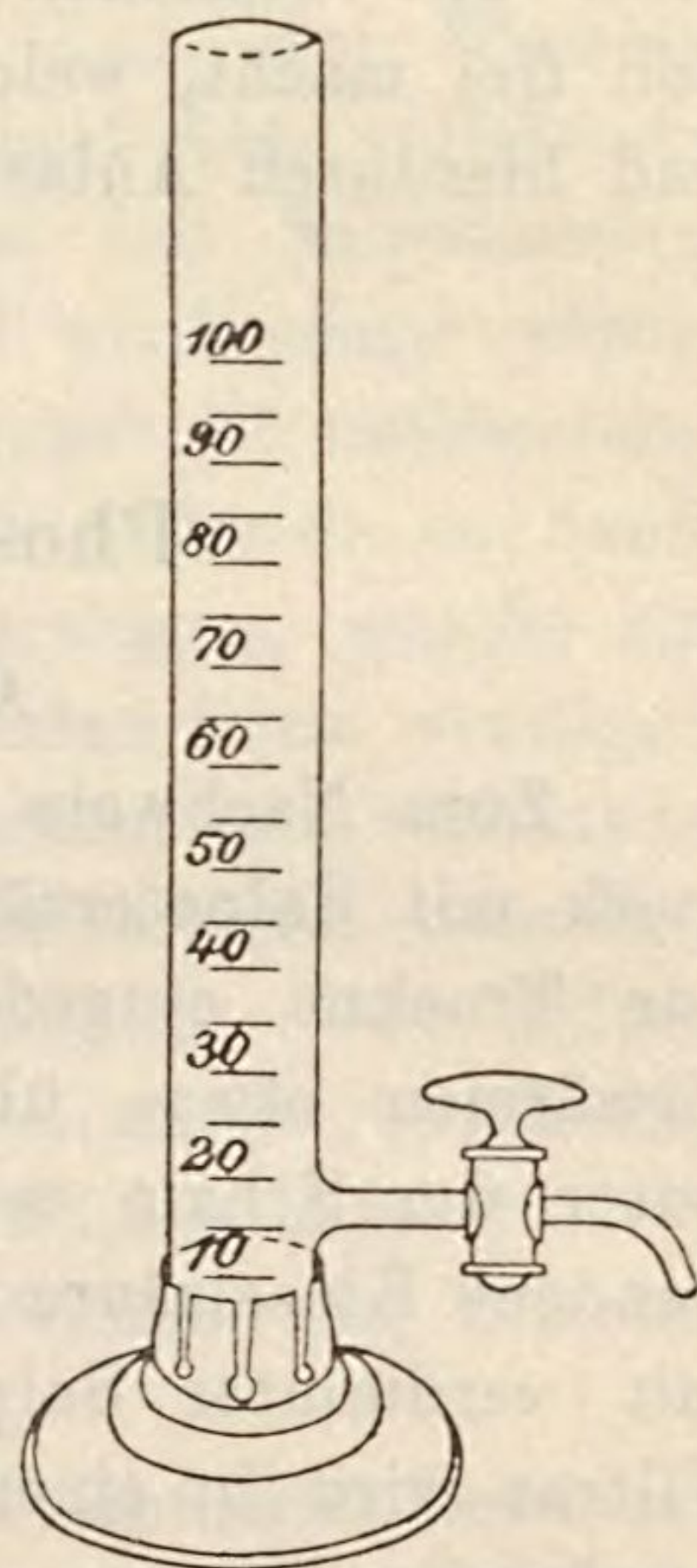


Fig. 11.

stärkelösung ist sehr empfindlich. Ein Gehalt an dieser Säure von 0,4 mg für das Liter Wasser ruft bereits eine so intensive Blaufärbung hervor, dass eine feinere Unterscheidung der Farbtöne nicht mehr möglich ist. Bei dem Eintreten solcher Färbungen darf man nur mit Verdünnungen arbeiten, welche mit destillirtem Wasser herzustellen und entsprechend in Rechnung zu ziehen sind.

Direktes Sonnenlicht ist bei der Ausführung dieser Methode stets zu vermeiden, da dasselbe aus der Jodzinkstärkelösung Jod frei macht, welches zu einer Bläuung der Flüssigkeit führt und hierdurch Anlass zu Fehlern giebt.

Phosphorsäure (Phosphate).

Qualitativer Nachweis.

Zum Nachweis der Phosphorsäure werden 100 ccm Wasser stark mit Salpetersäure angesäuert und in einer Porzellanschale zur Trockne eingedampft. Der Rückstand wird durch kurzes Erwärmen etwas über 100° erhitzt (indem man die Flamme unter der Schale vorsichtig hin- und herbewegt), um die vorhandene Kieselsäure unlöslich zu machen, und nach dem Erkalten mit verdünnter Salpetersäure aufgenommen und filtrirt. Das Filtrat wird in einem Proberöhrchen mit einer klaren, etwas angewärmten Lösung von Ammoniummolybdat in Salpetersäure im Ueberschuss versetzt. Das Vorhandensein von Phosphorsäure zeigt sich durch eine gelbe Färbung oder durch einen solchen Niederschlag, welcher aus Ammoniumphosphomolybdat (phosphormolybdänsaurem Ammonium) besteht.

Die salpetersaure Lösung des Ammoniummolybdats wird hergestellt, indem man 40 g Ammoniummolybdat in 160 ccm 10% Ammoniaks (specifisches Gewicht 0,96 bei 14°) löst und hierauf 240 ccm destillirten Wassers hinzufügt. Die kalte Lösung wird in 600 ccm 27,5% Salpetersäure eingetragen. Nach mehrtägigem Stehen filtrirt man und bewahrt die fertige Lösung in dunklen Flaschen auf.

Quantitative Bestimmung.

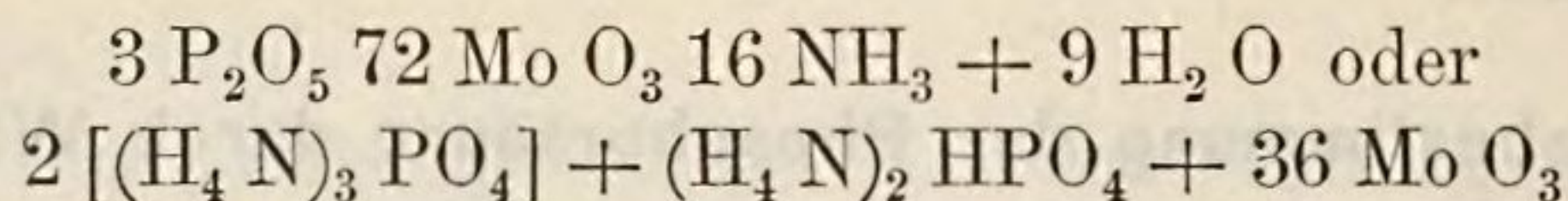
Der eben geschilderte Nachweis dient auch zur quantitativen Bestimmung, indem man das Gewicht des gewonnenen Niederschlages direkt oder nach dessen Ueberführung in pyrophosphorsaures Magnesium ermittelt und hieraus die Phosphorsäure ($P_2 O_5$) berechnet.

1. Gewichtsbestimmung der Phosphorsäure durch Wägung als Ammoniumphosphomolybdat.

In einer Porzellanschale werden 1—2 Liter des Wassers, welches man stark mit Salpetersäure angesäuert hat, vollständig verdampft. Der Rückstand wird 2—3 Mal mit Salpetersäure (spec. Gewicht 1,4) übergossen und hierauf wird immer wieder bis zur Trockne eingedampft. Diese Maassregel ist nothwendig, um die Kieselsäure unlöslich zu machen, die Chloride zu beseitigen und die organischen Substanzen zu zerstören, welche das Ausfallen der Phosphorsäure in der gewünschten Form verzögern oder verhindern. Nunmehr wird der Rückstand mit verdünnter Salpetersäure aufgenommen und der gelöste Antheil desselben von dem ungelösten durch Filtrirung geschieden. Zum Filtrat werden 40 ccm der oben erwähnten Ammoniummolybdatlösung gegeben. Dann werden in dieser Flüssigkeit 12,5 g krystallisirtes Ammoniumnitrat gelöst und dieselbe 12 Stunden in Zimmertemperatur bei Seite gestellt.

Der so gewonnene Niederschlag wird abfiltrirt und mit einer 20% Ammoniumnitratlösung ausgewaschen, bis ein Tropfen des Filtrats, auf dem Deckel eines Platintiegels verdampft, beim Glühen keinen Rückstand mehr hinterlässt. Es ist nothwendig, Anfangs der Waschflüssigkeit etwas Salpetersäure beizufügen, damit sich nicht saures Ammoniummolybdat krystallinisch ausscheidet. Zur Entfernung des überschüssigen Ammoniumnitrats wird der Niederschlag einmal mit destillirtem Wasser übergossen und dann mit dem Strahl einer Spritzflasche in einen gewogenen Porzellantiegel geschwemmt. Die am Filter haftenden Reste desselben werden in warmem, verdünntem Ammoniak gelöst; diese durch Verdampfen eingeeengte Lösung wird mit verdünnter Salpetersäure versetzt und rasch vor erfolgter Ausfällung zu dem übrigen Niederschlag gebracht. Der Porzellantiegel wird nun auf einem Asbestteller vorsichtig mit der Flamme erwärmt, um

das Ammoniumnitrat zu verflüchtigen. Dieser Vorgang ist als beendet zu betrachten, wenn ein darüber gehaltenes Uhrglas sich nicht mehr weiss beschlägt, d. h. wenn Ammoniumnitrat nicht mehr sublimiert. Hierauf lässt man den Tiegel im Exsiccator erkalten und bestimmt das Gewicht des Niederschlags, dessen Zusammensetzung der Formel



entspricht. Sein Gehalt an Phosphorsäure (P_2O_5) beträgt 3,8%. Hieraus wird der Phosphorsäuregehalt des Wassers berechnet.

Beispiel. Es seien 1000 ccm Wasser in den Versuch genommen worden. Der Niederschlag von Ammoniumphosphomolybdat wog 8,5 mg; da

$$100 : 3,8 = 8,5 : x \quad x = 0,32,$$

so waren in 1 Liter Wasser 0,32 mg Phosphorsäure (P_2O_5) vorhanden.

2. Gewichtsbestimmung der Phosphorsäure durch Wägung als Magnesiumpyrophosphat.

Der Niederschlag von Ammoniumphosphomolybdat enthält, wie oben ersichtlich, nur wenige Procente von Phosphorsäure. Es empfiehlt sich daher bei einem höheren Gehalt des Wassers an Phosphorsäure, diesen Niederschlag durch Zusatz einer Magnesiamischung in Magnesiumammoniumphosphat überzuführen, dieses durch Glühen in pyrophosphorsaures Magnesium umzuwandeln und als solches zu wiegen.

Zu dem Ende wird der besagte Niederschlag nach einmaligem Auswaschen mit Ammoniumnitrat noch feucht mit Ammoniak gelöst. Zu dieser Lösung setzt man die in der Anmerkung beschriebene Magnesiamischung und vermehrt das Gesamtvolumen um $\frac{1}{3}$ durch Hinzufügung von 10% Ammoniak (spec. Gewicht 0,96). Nach 24 stündigem Stehen scheidet sich aus der Flüssigkeit ein krystallinischer Niederschlag von phosphorsaurem Ammoniummagnesium aus, welcher in gleicher Weise wie bei der Bestimmung des Magnesiums (vergl. S. 59) weiter behandelt wird. Das Gewicht des pyrophosphorsauren Magnesiums ist mit 0,639 zu multipliciren, um die entsprechende Menge von Phosphorsäure zu erfahren.

Anmerkung. Die Magnesiamischung wird hergestellt, indem man 50 g Chlormagnesium und 70 g Chlorammonium in 350 ccm 10 % Ammoniakflüssigkeit und 750 ccm destillirten Wassers löst. Die Lösung muss nach mehrtägigem Stehen filtrirt werden. (Lehmann.)

Beispiel. 1000 ccm Wasser lieferten 1,69 mg Magnesiumpyrophosphat, demnach enthielt 1 Liter 1,08 mg Phosphorsäure (P_2O_5).

Sauerstoff.

Gewissermaassen als Ergänzung für die Bestimmung der Verunreinigung des Wassers durch organische Substanzen ist die Ermittlung der Menge des gelösten Sauerstoffs zu betrachten. Das Vorhandensein der ersteren wird stets ein mehr oder minder energisches Abspiel von Zersetzungs Vorgängen im Gefolge haben, wobei der Verbrauch des letzteren ein entsprechend grosser ist. Es werden deshalb Wässer, welche reich an derartigen Stoffen sind, stets nur geringe Mengen von Sauerstoff aufweisen. Derselbe kann auf gasvolumetrischem Wege (nach Preusse-Tiemann) oder durch Titrimethoden (nach Schützenberger-Risler oder nach Mohr) bestimmt werden. Diese Verfahren erfordern neben vollendeter technischer Gewandtheit zum Theil complicirte Apparate. Da solche Untersuchungen nur in seltenen Fällen zur Ausführung kommen, so dürfte eine eingehende Beschreibung der einzelnen Methoden innerhalb des Rahmens des vorliegenden Buches zu entbehren sein; es wird vielmehr auf das diesbezügliche Kapitel in Tiemann-Gaertner's Werke „Die chemische und mikroskopisch-bakteriologische Untersuchung des Wassers“ verwiesen.

Die Erdalkalien. Calcium und Magnesium.

Qualitativer Nachweis des Calciums.

Ungefähr 50 ccm Wasser werden mit Salzsäure schwach angesäuert, mit Ammoniak versetzt und eine reichliche Menge von Ammoniumoxalat hinzugefügt. Es fällt hierauf oxalsaurer Kalk in Form eines weissen Niederschlags aus, welcher in Salzsäure, jedoch nicht in Essigsäure löslich ist. Dagegen bleibt das Magnesium als Magnesium-Ammoniumoxalat in Lösung.

Qualitativer Nachweis des Magnesiums.

Zum Nachweis des Magnesiums verwendet man das Filtrat vom Kalkniederschlag. Dasselbe wird mit Ammoniak im Ueberschuss und einer Lösung von phosphorsaurem Natrium versetzt. Beim Umrühren der Flüssigkeit mit einem Glasstabe und besonders bei dem Reiben der Glaswandung mit demselben fällt ein weisser Niederschlag aus, welcher aus phosphorsaurem Ammonium-Magnesium besteht.

Gewichtsanalytische Bestimmung des Calciums und des Magnesiums.

a) Bestimmung des Calciums.

Je nach dem Ausfall der qualitativen Untersuchung werden 500 bis 1000 ccm Wasser in Arbeit genommen. Diese werden mit Salzsäure schwach angesäuert und in einer Schale auf dem Wasserbade auf etwa 150 ccm eingeengt. Die Flüssigkeit wird hierauf in ein dünnwandiges Becherglas unter Nachspülen mit destillirtem Wasser übergeführt, zum Sieden erhitzt und Ammoniak und Salmiak hinzugefügt, worauf sich etwa vorhandenes Eisenoxydhydrat, Thonerdehydrat und Kieselsäure in Form eines Niederschlages ausscheiden. Dieser wird durch ein Filter getrennt, wobei man das Filtrat in einen Erlenmeyer'schen Kolben ablaufen lässt, welcher bei 250 ccm eine Marke trägt. In letzterem wird das Filtrat zum Sieden abermals erhitzt, worauf man eine Lösung von Ammoniumoxalat so lange zufügt, als ein Niederschlag entsteht. Nach dem Erkalten der Flüssigkeit füllt man bis zur Marke (250 ccm) mit destillirtem Wasser auf und lässt den Niederschlag vollständig absetzen. Sobald letzteres der Fall ist, hebt man einige Kubikcentimeter der klaren, überstehenden Flüssigkeit vorsichtig mit der Pipette ab und befeuchtet damit ein straff an die Wandungen eines Trichters angedrücktes Filter von bekanntem Aschengewicht. Auf dieses wird der Niederschlag gebracht, indem man den Rand des Erlenmeyer'schen Kolbens mit einer sehr dünnen Fettschicht überzieht und die Flüssigkeit an einem Glasstabe hinab auf das Filter giesst. Die Entfernung der an den Wandungen des Kolbens haftenden Bestandtheile des Niederschlages geschieht durch Abscheuern mittelst eines über den Glasstab geschobenen Stückchens Gummischlauch.

Vor dem Auswaschen des Niederschlages nimmt man mit einer Pipette 200 ccm des Filtrats weg und stellt diese zur Bestimmung der Magnesia bei Seite. Der Niederschlag wird mit heissem, destillirtem Wasser so lange ausgewaschen, bis einige Kubikcentimeter des Filtrats im Proberöhrchen eine Chlorreaktion mit Silbernitrat nicht mehr erkennen lassen. Hierauf wird derselbe im Trichter getrocknet, dann in einen Platintiegel gebracht, das Filter in der Platinspirale verascht und die Asche gleichfalls hinzugefügt. Zur Ueberführung des oxalsauren Calciums in Calciumoxyd (Ca O) glüht man den Inhalt des Platintiegels auf einem Gebläse bis zur Gewichtskonstanz und bestimmt, indem man stets im Exsiccator erkalten lässt, nach Abzug des Gewichtes der Filterasche die Menge des Calciumoxyds auf der Wage.

Wenn ein Gebläse nicht zur Verfügung steht, so bringt man den Niederschlag auf ein getrocknetes Filter, dessen Gewicht man bestimmt hat. Der bei 100° getrocknete Niederschlag besteht aus $\text{C}_2\text{O}_4\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$ und enthält nach Abzug des Filtergewichts 34,1% Calciumoxyd.

b) Bestimmung des Magnesiums.

Die vorher zurückgestellten 200 ccm Filtrat werden mit einigen Tropfen Ammoniak und 20 ccm gesättigter Natriumphosphatlösung versetzt; nach Verlauf von einer Viertelstunde giebt man einige Kubikcentimeter Ammoniak hinzu und giesst später 40—50 ccm Ammoniak nach. Hierbei ist stets vorsichtig mit dem Glasstabe umzurühren, wobei ein Bestreichen der Glaswandung zu vermeiden ist, weil sich sonst Krystalle daselbst festsetzen. Bei diesem Verfahren scheidet sich phosphorsaure Ammoniummagnesium in Form von Krystallen nach Verlauf von 12 Stunden aus. Diese werden in der vorerwähnten Weise auf ein Filter von bekanntem Aschengewichte gebracht und mit einer Mischung von 1 Volumen Ammoniak (vom specifischen Gewichte 0,96), 3 Volumen destillirten Wassers und $\frac{1}{4}$ Volumen Alkohol so lange ausgewaschen, bis sich im Filtrat Chlor nicht mehr nachweisen lässt. Das Filter sammt Niederschlag werden nun im Trichter getrocknet, letzterer in einen vorher ausgeglühten und gewogenen Porzellantiegel gebracht und die Asche des in einer Platinspirale verbrannten Filters hinzugefügt. Hierauf er-

hitzt man den Tiegel zuerst schwach bei aufgelegtem Deckel, dann stark bei Luftzutritt über dem Bunsenbrenner, lässt im Exsiccator erkalten und bestimmt das Gewicht. Die nach Abzug des Gewichtes des Tiegels und der Filterasche erhaltene Zahl stellt die Menge des pyrophosphorsauren Magnesiums ($\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$) dar, welche mit 0,3603 zu multipliciren ist, um das gewünschte Ergebniss von Magnesiumoxyd zu erreichen. Da diese Zahl den Gehalt an Magnesiumoxyd nur für 200 ccm des bei der Kalkbestimmung erhaltenen Filtrats angiebt, während letzteres eigentlich 250 ccm hätte betragen müssen, so ist dieselbe noch mit 5 statt mit 4 zu multipliciren, um den Magnesiagehalt (Mg O) der ursprünglich verwendeten Wassermenge zu erhalten.

Bestimmung des Calciums nach Mohr.

Die Methode beruht darauf, dass man die Calciumverbindungen des Wassers durch Zusatz von Ammoniak und einer überschüssigen Menge von Oxalsäurelösung, deren Gehalt bekannt ist, in unlösliches Calciumoxalat überführt und den Rest der nicht gebundenen Säure durch Titrirung mit Kaliumpermanganat ermittelt. Nach Abzug der letzteren Oxalsäuremenge von der ursprünglich verwendeten erfährt man, wieviel Gewichtstheile zur Fällung des vorhandenen Calciums benöthigt worden sind. Hieraus berechnet man das Gewicht des Calciumoxydes.

Zur Fällung des Kalks verwendet man eine $\frac{1}{10}$ -Normaloxalsäurelösung. Dieselbe wird hergestellt, indem man 6,3 g reine Oxalsäure in 1 Liter destillirten Wassers löst. Da nun

2 C	24		
2 H	2		
4 O	64		
4 H	4	Ca	39,9
2 O	32	O	16
126 Oxalsäure		55,9 Calciumoxyd entsprechen,	

so sind 6,3 g Oxalsäure = 2,8 g Calciumoxyd oder es entspricht 1 ccm der Lösung 2,8 mg Calciumoxyd.

Man löst ferner 3 g Kaliumpermanganat in 1 Liter destillirten Wassers. Um zu bestimmen, wieviel Volumtheile dieser Lösung 1 ccm der Oxalsäurelösung entsprechen, giebt man in eine Kochflasche von etwa 200 ccm Inhalt mittelst einer Pipette 10 ccm der $\frac{1}{10}$ -Normaloxalsäurelösung, verdünnt diese mit 100 ccm

destillirten Wassers, fügt 10—15 ccm concentrirter Schwefelsäure hinzu und erwärmt die Mischung bis zu 60—70°. Hierauf lässt man aus einer auf Null eingestellten Glashahnbürette unter Umschwenken der Flüssigkeit so lange Kaliumpermanganatlösung zutropfen, bis eine schwache Rosafärbung dauernd sich erhält.

Die an der Bürette abgelesenen Kubikcentimeter, durch 10 dividirt, entsprechen 1 ccm $\frac{1}{10}$ -Normaloxalsäurelösung, oder 2,8 mg Kalk (Ca O).

Beispiel. 25 ccm $\frac{1}{10}$ -Normaloxalsäurelösung verbrauchten 26 ccm Permanganatlösung. Mithin 26 ccm Permanganat = 25 ccm Oxalsäure = 70 mg Ca O.

Ausführung der Untersuchung des Wassers.

Von dem zu prüfenden Wasser werden 100 ccm in einen Maasskolben von 300 ccm Inhalt gegeben. Dieses wird mit Ammoniak eben alkalisch gemacht und hiernach fügt man je nach dem Ergebniss der qualitativen Prüfung 25 bis 50 ccm der $\frac{1}{10}$ Normal-Oxalsäurelösung hinzu. Die Flüssigkeit wird zum Sieden erhitzt, um den Niederschlag von Calciumoxalat kompakter zu machen. Nach dem Abkühlen, welches durch Einlegen des Kolbens in kaltes Wasser beschleunigt werden kann, füllt man bis zur Marke auf; nach gehöriger Mischung filtrirt man durch ein trockenes Filter in ein trocknes Glas.

Von dem Filtrat nimmt man mittelst einer Pipette 200 ccm weg, überträgt diese in eine Kochflasche von etwa 500 ccm Inhalt, fügt 15 ccm concentrirter Schwefelsäure hinzu und titrirt nach der Erwärmung auf 60—70° mit der Kaliumpermanganatlösung wie oben. Da nur 200 statt 300 ccm des Filtrats verwendet worden sind, so ist das an der Bürette abgelesene Ergebniss mit 1,5 zu multipliciren. Dieses auf Oxalsäure umgerechnete Resultat subtrahirt man von 25 bezw. 50 und berechnet aus der Differenz die Menge des Calciumoxyds.

Beispiel: 25 ccm Oxalsäurelösung entsprechen 26 ccm Permanganatlösung.

100 ccm Wasser wurden mit 25 ccm Oxalsäure versetzt. 200 ccm der auf 300 aufgefüllten Mischung verbrauchten 9,5 ccm Permanganatlösung; mithin 300 ccm, d. h. die ursprünglich angewandten 100 ccm Wasser $9,5 \times 1,5 = 14,25$, da $26 : 25 = 14,25 : x$, so ist $x = 13,7$.

Nunmehr ist die zur Fällung des Kalks verbrauchte Oxalsäuremenge $= 25 - 13,7 = 11,3$.

Da nun 1 ccm Oxalsäure $= 2,8$ mg Kalk entspricht, so sind $11,3 = 31,64$ mg.

Das Wasser enthielt somit im Liter 316,4 mg CaO.

Die Härte des Wassers.

Die Anwesenheit der Erdalkalien verleiht dem Wasser eine Eigenschaft, welche man als Härte bezeichnet. Sind dieselben in reichlicher Menge vorhanden, so hinterlässt das Wasser beim Verdampfen einen grösseren Rückstand; bei dem Waschen mit demselben benöthigt man mehr Seife, um Schaum zu erzeugen; Hülsenfrüchte kochen sich in demselben nur schwer weich u. dgl. mehr. Hierdurch charakterisirt sich im Allgemeinen ein hartes Wasser von einem weichen, von einem solchen, welches nur wenig Erdalkalien enthält.

In vielfacher technischer Hinsicht ist diese Eigenschaft des Wassers von hervorragender Bedeutung, so dass es wünschenswerth erschien, für dieselbe ein Maass in Form eines zahlenmässigen Ausdrucks zu besitzen. Das Uebereinkommen, welches man hierüber getroffen hat, ist in verschiedenen Ländern nicht gleich. So bezeichnet man in Deutschland einen Härtegrad, wenn in 100 000 Theilen Wasser 1 Theil Kalk (Calciumoxyd, CaO) vorhanden ist, während man in Frankreich bei gleichbleibendem Verhältniss das Calciumkarbonat (CaCO_3) annahm. Ein englischer Härtegrad bedeutet 1 Theil Calciumkarbonat in 70 000 Theilen Wasser (oder 1 grain $= 0,0648$ g in 1 gallon $= 4,543$ l). Es entspricht sonach:

1 deutscher Härtegrad $= 1,25$ englischen $= 1,79$ franz. Härtegraden
 1 franz. Härtegrad $= 0,56$ deutschen $= 0,7$ engl. Härtegraden
 1 engl. Härtegrad $= 0,8$ deutschen $= 1,43$ franz. Härtegraden.

Die Erdalkalien sind im Wasser an Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlorwasserstoffsäure und Kohlensäure gebunden und in diesen Formen in Lösung. Durch ihre Bestimmung kommt die gesammte Härte des Wassers zum Ausdruck. Es sind dabei die ermittelten Gewichtstheile von Magnesia (MgO) in die äquivalente Menge von Kalk (CaO) umzurechnen und zu denen des

Kalks zu addiren. Die Umrechnung geschieht nach der Gleichung:

$$\begin{array}{rcl} \text{Mg O} : \text{Ca O} & = & 1 : x \text{ oder} \\ \text{Mg } 24 & & \text{Ca } 40 \\ \text{O } 16 & & \text{O } 16 \\ \hline 40 & : & 56 = 1 : x \\ & & x = 1,4. \end{array}$$

Die Milligramme von Mangnesiumoxyd mit 1,4 multiplicirt, liefern sonach ein dem Calciumoxyd entsprechendes Produkt.

Beispiel: Ein Wasser soll 106,7 mg Calciumoxyd und 36,5 mg Magnesiumoxyd im Liter enthalten haben. Da die Menge des letzteren $36,5 \times 1,4 = 51,1$ CaO äquivalent ist, so wären bei dieser Umrechnung in 1 Liter Wasser $106,7 + 51,1 = 157,8$ mg oder in 100 000 Theilen 15,78 Theile Kalk gewesen.

Das Wasser hätte eine Gesammthärte von 15,8 deutschen Härtegraden gehabt.

Durch anhaltendes Kochen des Wassers entweicht die lose gebundene Kohlensäure, wobei Bikarbonate in Karbonate übergeführt werden und zum grössten Theil ausfallen. Ein Theil des Calciumkarbonats (nach Tiemann-Gaertner ungefähr 35 Theile in 100 000 Theilen Wasser) scheidet sich nicht aus. Dieser einschliesslich der ebenfalls in Lösung gebliebenen Nitrate, Sulfate und Chloride der Erdalkalien bedingen eine andere Härte des Wassers als die vorhergehende; man bezeichnet dieselbe als bleibende oder permanente Härte; die Differenz zwischen der gesammten und bleibenden Härte stellt vorübergehende oder temporäre Härte dar.

Härtebestimmung nach Clark.

Die wiederholte Ausführung der gewichtsmässigen Bestimmung von Kalk und Magnesia ist zeitraubend. Es ist deshalb die nachstehend beschriebene Methode zweckdienlich, um in kürzerer Zeit Aufschluss über die besagte Eigenschaft des Wassers zu erlangen. Das Princip des Verfahrens beruht darauf, dass man mit einer Seifenlösung von bestimmtem Gehalte eine chemische Umsetzung der neutralen Erdalkalien mit dem fettsauren Kalium (Seife) herbeiführt; hierbei bilden die Erdalkalien unlösliche Verbindungen mit den Fettsäuren, während

die anorganischen Säuren mit dem Kalium sich zu löslichen Salzen vereinigen.

Die Seifenlösung ist so hergerichtet, dass sie in 100 ccm Wasser 12 mg Kalk oder die äquivalente Menge von neutralem Baryum- oder Magnesiumsalzen zu binden vermag; sie zeigt also 12 deutsche Härtegrade an.

Zunächst stellt man sich die nöthige Seife her, indem man 150 Theile Bleipflaster auf dem Wasserbade zerfliessen lässt und hiernach mit 40 Theilen Kaliumkarbonat zu einer gleichmässigen Masse verreibt. Diese wird mit absolutem Alkohol ausgezogen und das Ganze zur Abscheidung etwaiger ungelöster Bestandtheile filtrirt. Aus dem Filtrat beseitigt man den Alkohol durch Destillation und trocknet hiernach die zurückbleibende Seife im Wasserbade. Zur Bereitung der Seifenlösung löst man vorläufig 20 Theile der eben hergestellten Seife in 1000 Theilen verdünnten Alkohols von 56 Volumprocenten auf. Zur Prüfung derselben stellt man sich eine Baryumsalzlösung her, von welcher 100 ccm 12 mg Kalk äquivalent entsprechen. Letztere erzielt man, indem man 0,599 g reines, bei 100° getrocknetes Baryumnitrat oder 0,523 g reines lufttrockenes Baryumchlorid ($\text{Ba Cl}_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$) in 1 Liter destillirten Wassers löst. Die Baryumsalze sind an Stelle von Calcium oder Magnesium-Salzen gewählt, weil diese schneller und leichter mit der Fettsäure in Verbindung treten als letztere.

Einstellung des Titers der Seifenlösung. In ein Stöpselglas von 200 ccm Inhalt füllt man 100 ccm der obigen Baryumsalzlösung und lässt aus einer Quetschhahnbürette zunächst eine grössere Menge, später nur immer 0,5 Kubikcentimeter und schliesslich nur Tropfen der Seifenlösung zufließen. Inzwischen schüttelt man den Inhalt des Stöpselglases gehörig durch und beobachtet, ob sich ein feinblasiger Schaum bildet, welcher 5 Minuten lang bestehen bleibt. Hätte man z. B. 18 ccm Seifenlösung verbraucht, um eine solche Schaumbildung zu erzielen, so ist erstere zu concentrirt; es müssen demnach 18 ccm derselben in einem Messcylinder mit 27 ccm 56 procentigem Alkohol verdünnt werden, um die richtige Seifenlösung zu erlangen. Selbstverständlich ist diese nochmals auf ihre Zuverlässigkeit in gleicher Weise wie vorher zu prüfen, wobei für 100 ccm der Baryumsalzlösung genau 45 ccm verbraucht werden dürfen.

Ausführung der Wasseruntersuchung. In das wohlgereinigte Stöpselglas werden 100 ccm des zu prüfenden Wassers mittelst einer Pipette gebracht. Den Stand des Wasserspiegels bezeichnet man sich mit einer Marke. Hierauf wird die Titrierung in gleicher Weise wie bei der Titerstellung mit der Seifenlösung ausgeführt.

Bei Wässern mit stärkerer Härte als 12 deutschen Graden sind immer Verdünnungen, jedoch stets das gleiche Volumen anzuwenden. Man wird deshalb 10, 20 oder 30 ccm Wasser benutzen und dann erst die Untersuchung einleiten, nachdem man bis zur oben erwähnten Marke mit destillirtem Wasser aufgefüllt hat.

Zur Bestimmung der permanenten (bzw. der temporären) Härte kocht man ein bestimmtes Volumen Wasser $\frac{1}{2}$ —1 Stunde, überträgt dasselbe in einen Maasscylinder und füllt nach dem Erkalten zum ursprünglichen Volumen auf. Nach Abscheidung einer etwaigen Ausfällung durch Filtration werden 100 ccm in gleicher Weise wie oben in Arbeit genommen.

Die Umrechnung des Verbrauchs an Seifenlösung auf Härtegrade geschieht unter Berücksichtigung etwa vorgenommener Verdünnung mittelst Benutzung der nachstehenden Tabelle.

Tabelle von Faist und Knauss.

Es entsprechen ccm verbraucher Seifenlösung	deutschen Härtegraden
3,4	0,5
5,4	1,0
7,4	1,5
9,4	2,0

Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung = 0,25 Härtegrad.

11,3	2,5
13,2	3,0
15,1	3,5
17,0	4,0
18,9	4,5
20,8	5,0

Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung = 0,26 Härtegrad.

22,6	5,5
24,4	6,0

Es entsprechen ccm
verbraucher Seifenlösung

deutschen Härtegraden

26,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6,5
28,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7,0
29,8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7,5
31,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8,0

Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung = 0,277 Härtegrad.

33,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8,5
35,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9,0
36,7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9,5
38,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10,0
40,1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10,5
41,8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11,0

Die Differenz von 1 ccm Seifenlösung = 0,294 Härtegrad.

43,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11,5
45,0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12,0

Beispiele. Der Verbrauch an Seifenlösung sei gewesen:

1. 26,2 ccm = 6,5 deutsche Härtegrade.

2. 27,4 ccm. Die Differenz der nächst höheren Stelle 28,0 ist $28,0 - 27,4 = 0,6$ ccm. In dieser Kolumne entspricht 1 ccm Seifenlösung = 0,277 Härtegrad, folglich $0,6 \text{ ccm} = \frac{0,277 \times 0,6}{1}$

= 0,1662 Härtegraden; die Härte des Wassers betrug demnach $7,0 - 0,166 = 6,83$ Grade.

3. 21,0 ccm. Die Differenz zur nächst liegenden niederen Stelle 20,8 beträgt $21,0 - 20,8 = 0,2$; hier entspricht 1 ccm Seifenlösung 0,26 Härtegrad, demnach $0,2 \text{ ccm} = \frac{0,26 \times 0,2}{1} = 0,052$.

Härte des Wassers = $5,0 + 0,05 = 5,05$ Grade. Oder die Differenz zur nächst höheren Stelle = $22,6 - 21,0 = 1,6$. In der Kolumne, in welcher 22,6 steht, entspricht 1 ccm Seifenlösung 0,277 Härtegrad; demnach treffen auf 1,6 ccm $\frac{0,277 \times 1,6}{1}$

= 0,4432 Grade und folglich auf 21 ccm Seifenlösung $5,5 - 0,44 = 5,06$ deutsche Härtegrade.

Bestimmung der Alkalimetalle.

Die meisten Verbindungen der Alkalimetalle sind leicht löslich, nur wenige, wie beispielsweise das Kaliumplatinchlorid, machen eine Ausnahme. Da jedoch andere Metalle mit Platinchlorid ebenfalls schwer lösliche Körper bilden, so müssen diese beseitigt werden, ehe man zur Bestimmung der Alkalien schreitet.

Untersuchung des Wassers. Der Gang der Untersuchung ist folgender: In einer grossen Platinschale werden 500—1000 ccm Wasser auf ungefähr 150 ccm eingedampft und hierauf etwa 20 ccm einer gesättigten Baryumhydratlösung hinzugesetzt. Der Niederschlag, dessen Fällung durch kurz andauerndes Erhitzen begünstigt wird, enthält die Salze des Calciums und Magnesiums, Eisens etc., die Phosphorsäure und die Schwefelsäure. Der gesammte Inhalt der Platinschale wird in einen Maasskolben von 250 ccm Inhalt gespült und nach dem Erkalten mit destillirtem Wasser bis zur Marke aufgefüllt. Hierauf wird der Niederschlag durch ein trockenes Filter abgetrennt und das Filtrat in einem trockenen Glase aufgefangen. Aus dem Filtrat muss nun das überschüssige Baryumhydrat oder etwa noch vorhandenes Calciumhydrat entfernt werden. Man hebt daher 200 ccm mit der Pipette ab, giebt diese in eine Platinschale und fügt unter gleichzeitiger Erhitzung Ammoniumkarbonat hinzu, bis keine Fällung mehr auftritt. Hat sich der Niederschlag unter dem Einfluss der Siedehitze in grössere Flocken zusammengeballt, so filtrirt man ihn durch ein trockenes Filter ab, lässt das Filtrat in einen trockenen Maasskolben von 250 ccm Inhalt ablaufen, spült mit destillirtem Wasser nach und füllt nach dem Erkalten bis zur Marke auf. 200 ccm des so verdünnten Filtrats werden wieder in eine Platinschale gebracht und zur Ausfällung der letzten Spuren von Calcium und Baryum mit 1—2 Tropfen Ammoniumoxalatlösung versetzt. Hierauf dampft man zur Trockene ein und glüht gelinde, um die Ammoniumsalze zu verflüchtigen. Der Rückstand wird eine halbe Stunde bei 110° getrocknet und hierauf unter Bedeckung der Schale mit einem grösseren Uhrglas geglüht, wobei sich derselbe durch Kohlepartikelchen etwas schwärzt. Nun wird derselbe mit etwas heissem destillirten Wasser aufgenommen und zur Abscheidung der unlöslichen Bestandtheile (Kohlenpartikel und etwa vor-

handene Oxalate von Calcium und Baryum) durch ein kleines Filter geschickt. Man wäscht alsdann mit heissem destillirten Wasser nach. Das Filtrat fängt man in einem gewogenen Platintiegel auf und verdampft es bis zu einer geringen Menge Flüssigkeit. Um in letzterer die Alkalimetallkarbonate in die Chloridverbindungen überzuführen, setzt man vorsichtig einige Tropfen Salzsäure hinzu, wobei man darauf zu achten hat, dass man durch das Aufbrausen (entweichende Kohlensäure) keine Verluste durch Verspritzen erleidet. Es wird sodann zur Trockene eingedampft und schwach geglüht, bis die Alkalimetallchloride zu schmelzen beginnen. Nach dem Erkalten im Exsiccator bestimmt man die Gewichtszunahme des Platintiegels.

Das Auswaschen der Filter würde eine zu grosse Ansammlung von Flüssigkeit zu Ende des Versuchs im Gefolge haben. Es wurde daher nur mit trockenen Filtern und trockenen Gefässen gearbeitet und dann ein aliquoter Theil des jeweiligen Filtrats verwendet; anderseits wurden Verdünnungen des letzteren bis zu einem bestimmten Volumen vorgenommen. Es ist sonach nicht die Gesamtmenge der im Wasser befindlichen Alkalimetallchloride zur Wägung gelangt; um diese zu erfahren, muss man das Gewicht der schliesslich ermittelten Menge derselben mit $\frac{25}{16}$ multipliciren.

Beispiel. Bei Ausführung der vorstehenden Untersuchungsart seien 1000 ccm Wasser verwendet worden und schliesslich 205 mg Alkalimetallchloride zur Wägung gelangt. Ein Liter des Wassers enthielt somit

$$\frac{205 \times 25}{16} = 320,3 \text{ mg Alkalimetallchloride.}$$

Bestimmung des Kaliums als Kaliumchlorid.

Den Rückstand der beiden Alkalimetallchloride löst man in destillirtem Wasser, bringt ihn in ein Porzellanschälchen und fügt Platinchloridlösung (1 : 10 Theilen destillirten Wassers) hinzu, worauf sich die Alkalimetallchloride zu Kaliumplatinchlorid ($\text{K}_2 \text{Pt Cl}_6$) und Natriumplatinchlorid ($\text{Na}_2 \text{Pt Cl}_6 + 6 \text{H}_2 \text{O}$) umsetzen. Letzteres ist, sofern es sein Krystallwasser behalten hat, in einer Mischung von 1 Theil Alkohol von annähernd 0,83 spec. Gewicht und 5 Theilen Aether löslich. Bevor man diese Lösung bewirkt, engt man auf ein geringes Volumen ein

bei Vermeidung der vollständigen Verdampfung, damit das Natriumplatinchlorid kein Krystallwasser abgeben kann. Nach erfolgter Lösung wird das (unlöslich gebliebene) Kaliumplatinchlorid auf ein getrocknetes, gewogenes Filter gebracht und so lange nachgewaschen, bis die Waschflüssigkeit (Aether-Alkohol) klar abläuft. Das Filter sammt Inhalt wird getrocknet und im Wägegläschen gewogen. Nach Abzug des Gewichtes des Wägegläschens und des Filters erfährt man die Menge des Kaliumplatinchlorids, welche mit 0,305 multiplicirt das Gewicht an Kaliumchlorid ergiebt. Selbstverständlich ist auch hier wieder mit $\frac{25}{16}$ aus dem oben erwähnten Grunde zu multipliciren.

Beispiel: Der Rückstand von 205 mg Alkalimetallchloride wurde gelöst und entsprechend weiter behandelt. Die Wägung des Filterinhaltes ergab 97,2 mg Kaliumplatinchlorid. Diese entsprechen $97,2 \times 0,305 = 29,6$ mg Kaliumchlorid. 1 Liter Wasser enthielt demnach $\frac{29,6 \times 25}{16} = 46,2$ mg Kaliumchlorid.

Bestimmung des Natriums als Natriumchlorid.

Wenn man von der Gesamtmenge der Alkalimetallchloride die des Kaliumchlorids abzieht, so entspricht die Differenz dem Gehalt an Natriumchlorid.

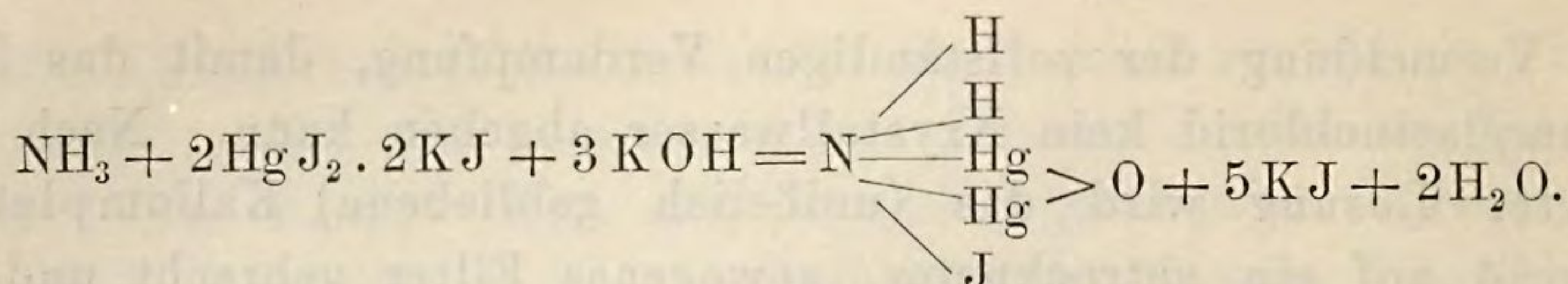
Beispiel. In dem Liter Wasser waren 320,3 mg Alkalimetallchloride, wovon auf Kaliumchlorid 46,2 mg trafen; er enthielt demgemäss

$$320,3 - 46,2 = 274,1 \text{ mg Natriumchlorid.}$$

Ammoniak.

Qualitativer Nachweis.

Ein sehr empfindliches Mittel zum Nachweis des Ammoniaks besitzen wir in dem Nessler'schen Reagenz, eine Doppelverbindung von Jodquecksilber und Jodkalium ($\text{HgJ}_2 \cdot 2\text{KJ}$) in Kalilauge gelöst. Das Reagenz giebt mit Ammoniak eine gelbe bis rothgelbe Färbung, bei noch stärkerem Vorhandensein einen braunrothen Niederschlag von Ammoniumquecksilberoxyjodid. Der chemische Vorgang ist hierbei folgender:



Die oben geschilderten Färbungen sind gleichfalls durch einen Niederschlag von äusserst feiner Vertheilung bedingt. Da das alkalische Reagenz eine Fällung etwaiger Erdalkalien im Gefolge hat, so ist vor Zusatz desselben auf eine Entfernung derselben Bedacht zu nehmen.

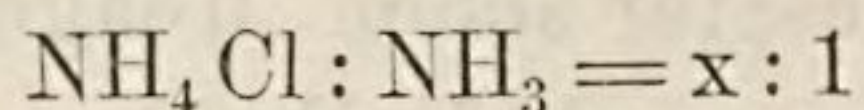
Zur Prüfung des zu untersuchenden Wassers giebt man ungefähr 200 ccm in einen gut verschliessbaren Cylinder, fügt 1 ccm Natronlauge (1 : 4) und 2 ccm Natriumkarbonat (1 : 3) hinzu und lässt den sich bildenden Niederschlag von Erdalkalien 12 Stunden absitzen. Dann hebt man mittelst einer Pipette eine beliebige Menge von der klaren, überstehenden Flüssigkeit ab, überträgt dieselbe in ein Proberöhrchen und beobachtet nach Zusatz von 1 ccm Nessler'schen Reagenz die Färbung oder den Niederschlag, indem man die Höhe der Flüssigkeitssäule gegen eine weisse Unterlage betrachtet.

Die Herstellungsweise des Nessler'schen Reagenz ist in dem folgenden Absatz des Näheren beschrieben. Selbstverständlich sind die übrigen Reagentien, insbesondere die Sodalösung, daraufhin zu prüfen, dass sie frei von Ammoniak sind. Sollte dies nicht der Fall sein, so ist dies durch anhaltendes Kochen und nachheriges Auffüllen zum ursprünglichen Volumen zu erreichen.

Quantitative Bestimmung.

Methode von Frankland und Armstrong.

Die eben geschilderte Methode lässt sich auch zur quantitativen Bestimmung des Ammoniaks durch kolorimetrische Vergleichung verwerthen. Zu diesem Behufe ist es erforderlich, eine Lösung zu besitzen von bekanntem Gehalte an Ammoniak. Man bedient sich hierzu des Ammoniumchlorids (NH_4Cl). Da



oder

N	14		N	14
4H	4		3H	3
Cl	35,4			
	53,4	:		17 = x : 1

und demgemäss $x = 3,141$ ist, so wird eine Lösung dieser Menge Ammoniumchlorids in 1 l 1 g oder 1 ccm derselben 1 mg Ammonium enthalten. Zum Gebrauche verdünnt man 50 ccm der Lösung auf 1 l, wovon dann 1 cm 0,05 mg NH_3 entspricht.

Ausser dieser Vergleichsflüssigkeit benöthigt man das Nessler'sche Reagenz. Die Herstellungsweise desselben ist folgende: 50 g Kaliumjodid werden in 50 ccm heissen destillirten Wassers gelöst und hierauf konzentrierte heisse Quecksilberchloridlösung solange hinzugefügt, bis der sich anfangs bildende rothe Niederschlag nicht mehr verschwindet. Hierauf filtrirt man, versetzt das Filtrat mit einer Lösung von 150 g Kaliumnitrat in 300 ccm destillirten Wassers, fügt noch einige Kubikcentimeter der Quecksilberchloridlösung hinzu und füllt nach dem Erkalten auf 1 l auf. Das so gewonnene Reagenz muss in gut schliessender Flasche aufbewahrt werden. Der sich bildende Bodensatz schliesst seine Verwendbarkeit nicht aus; es ist vielmehr nur dessen Beimengung durch sorgfältiges Abheben mit der Pipette bei dem Gebrauch auszuschliessen.

Untersuchung des Wassers. Von dem zu prüfenden Wasser werden 300 ccm in gleicher Weise wie bei dem qualitativen Nachweis zur Entfernung der Erdalkalien vorbehandelt. Hiervon hebt man 100 ccm ab, füllt diese in einen Hehner'schen Cylinder (vergl. Fig. 11), setzt 1 ccm des Nessler'schen Reagenz hinzu und mischt gehörig mittelst eines Glasstabes. In gleicher Weise versetzt man 103 ccm ammoniakfreien destillirten Wassers (entweder frisch destillirtes oder durch längeres Kochen von Ammoniak befreites) in einem solchen Cylinder mit 1 ccm der oben beschriebenen verdünnten Ammoniumchloridlösung und vergleicht nach Beifügung der gleichen Menge Nessler'schen Reagenz die entstandenen Färbungen unter einander durch Besehen der Flüssigkeitssäulen gegen eine Unterlage von Filtrirpapier. In der bereits oben geschilderten Weise stellt man nun Farbengleichheit in beiden Flüssigkeitssäulen her.

Beispiel. Der gleiche Farbenton wurde bemerkt, nachdem man 20 ccm aus dem zweiten Cylinder abgelassen hatte; 105 ccm entsprechen 0,05 mg NH_3 , demgemäss entsprachen 84 0,04 mg. Die gleiche Färbung wurde in dem zu untersuchenden Wasser durch die entsprechende Gewichtsmenge von

Ammoniak hervorgerufen; die 100 ccm des Wassers enthielten daher 0,04 mg oder

$$1 \text{ l } 0,4 \text{ mg } \text{NH}_3.$$

Sobald die Ammoniakreaktion so stark auftritt, dass die Durchsichtigkeit der Flüssigkeitssäule erschwert ist, oder gar sich ein deutlicher Niederschlag bildet, so sind Verdünnungen des Wassers mit ammoniakfreiem, destillirtem Wasser in entsprechender Weise anzuwenden und diese folgerichtig in Berechnung zu ziehen.

In Ermangelung von Hehner'schen Cylindern kann man auch mehrere gleich grosse Cylinder mit wechselndem Ammoniumgehalt ansetzen und diese wie bei der Bestimmung der salpetrigen Säure (vergl. S. 52) in Vergleich ziehen, oder zwei Cylinder ohne Abflusshahn in der dort beschriebenen Weise anwenden.

Englische Wasseranalysen führen zuweilen in einer eigenen Rubrik den Gehalt an „albuminoidem Ammoniak“ auf. Es ist dies derjenige Bestandtheil an Ammoniak, welcher durch eine alkalische Kaliumpermanganatlösung abgespalten wird aus den organischen Substanzen. Für die Beurtheilung des Wassers fällt diese Grösse weniger in's Gewicht, da schon die Ermittlung der letzteren Anhaltspunkte ergiebt.

Bestimmung der Kieselsäure (Silikate).

In einer Platinschale verdampft man 500—1000 ccm Wasser, welches man mit reiner Salzsäure angesäuert hat, bis zur staubigen Trockne. Diesen Rückstand nimmt man mit eisenfreier, konzentrirter Salzsäure auf, fügt nach 15 Minuten ungefähr 80 ccm destillirtes Wasser hinzu und dampft wieder vollständig ein; der Vorgang wird nochmals wiederholt, jedoch wird jetzt das ausgefallene, unlösliche Kieselsäurehydrat mittelst eines Filters von bekanntem Aschengewicht von der Flüssigkeit getrennt und das Filtrat zur Bestimmung der Thonerde sammt Eisenoxyd bei Seite gestellt. Der Inhalt des Filters wird mit heissem, destillirtem Wasser ausgewaschen, bis 1 Tropfen des Filtrats auf Zusatz von Silbernitrat keine Trübung mehr giebt, und wird hierauf bei 110^0 getrocknet, dann in einen gewogenen Platintiegel gebracht und die Asche des in einer Platinspirale

verbrannten Filters hinzugegeben. Hierauf glüht man zuerst vorsichtig mit schwacher, dann mit starker Flamme und schliesslich mit einem Gebläse, lässt den Tiegel im Exsiccator erkalten und bestimmt das Gewicht des durch Glühen in Kieselsäureanhydrid umgewandelten Kieselsäurehydrats. Da ersteres sehr hygroskopisch ist, so muss man die Wägung thunlichst schleunig ausführen.

Beispiel. Es wurden 500 ccm Wasser mit Salzsäure eingedampft und wie oben weiter behandelt. Nach Abzug der Filterasche betrug das Gewicht des Kieselsäureanhydrids 7,2 mg. Es waren sonach in 1 l Wasser 14,4 mg Kieselsäure (SiO_2).

Bestimmung der Thonerde (Aluminium).

Das bei der Bestimmung der Kieselsäure zurückgestellte Filtrat wird in einem Becherglase zum Sieden erhitzt und dann Ammoniak bis zur deutlichen alkalischen Reaktion hinzugefügt. Bei nochmaligem Erhitzen bis zum Sieden fallen die Thonerde und das Eisen als Oxydhydrate aus. Die Ferroverbindungen sind durch obige Behandlung in Ferrisalze übergeführt worden; der Zusatz von Kaliumchlorat kann meistens entbehrt werden.

Der Niederschlag wird auf ein Filter von bestimmtem Aschengewicht gebracht und mit heissem, destillirtem Wasser so lange ausgewaschen, bis 1 Tropfen des Filtrats auf dem Platinblech keinen glübbeständigen Rückstand mehr hinterlässt. Hierauf werden Niederschlag und Filter in der gleichen Weise wie oben weiter behandelt, über einem Bunsenbrenner ge- glüht und nach dem Erkalten im Exsiccator gewogen. Das nach Abzug der Filterasche erzielte Gewicht zeigt die Menge des Eisenoxyds (Fe_2O_3) + der Thonerde (Al_2O_3) an. Nach Abzug des ersteren, dessen Gewichtsmenge man aus der Eisenbestimmung berechnet hat, erfährt man den Gehalt des Wassers an Thonerde.

Beispiel. Das von 500 ccm Wasser herrührende Filtrat ergab ein Gewicht von 4,3 mg Eisenoxyd + Thonerde; in 1 l war sonach die doppelte Menge, 8,6 mg, dieser beiden Bestandtheile.

Das gleiche Wasser enthielt im Liter 2,25 mg Eisen, folg-

lich $2,25 \times 1,43 = 1,19$ mg Eisenoxyd. 1 l desselben enthielt demgemäss $8,60 - 1,19 = 7,41$ mg Thonerde (Al_2O_3).

Das nach dem Abfiltriren des Eisenoxyds und der Thonerde resultirende Filtrat enthält noch den Kalk und die Magnesia. Man kann daher dasselbe zur gewichtsanalytischen Bestimmung dieser beiden Bestandtheile verwenden, indem man es nach den auf Seite 58 und 59 beschriebenen Methoden entsprechend weiter behandelt.

Eisen.

Qualitativer Nachweis.

Das Eisen kommt im Wasser fast immer als Oxydulsalz vor. Gewöhnlich ist dasselbe an Schwefelsäure oder an Kohlensäure gebunden und tritt als schwefelsaures bzw. kohlensaures Eisenoxydul auf. Die letztere Säure bildet hierbei wie bei den Erdalkalien eine lose Verbindung. Bei längerem Stehen des Wassers an der Luft oder beim Erhitzen desselben und durch die Einwirkung oxydirender Mittel wird das kohlensaure Oxydulsalz in Eisenoxydhydrat übergeführt, die schwefelsauren Verbindungen gehen in basische Ferrisalze über.

Man kann daher den bei der Bestimmung der bleibenden Härte entstandenen Niederschlag (vergl. S. 65) zum Nachweis des Eisens benutzen, indem man denselben auf ein eisenfreies Filter bringt, etwaige, an der inneren Oberfläche des Kolbens ansitzende Bestandtheile desselben durch Salzsäure löst und durch Aufgiessen solcher Säure auf das Filter die Lösung des gesamten Niederschlages bewerkstelligt. Im Filtrat befindet sich das Eisen als Oxyd, welches auf Zusatz von einigen Tropfen Ferrocyankalium (gelbes Blutlaugensalz) (1 : 200) eine Blaufärbung (Berliner Blau), bei stärkerem Gehalte einen entsprechenden Niederschlag, oder mit Rhodankalium eine Rothfärbung (Ferrirhodanid) hervorruft.

Dieser Nachweis des Eisens gelingt direkt nicht in Wässern, welche dasselbe in Form von Oxydul enthalten. In diesen Fällen dampft man ungefähr 200 ccm Wasser nach Zusatz von Salzsäure und einigen Körnchen von Kaliumchlorat auf $\frac{1}{3}$ des Volumens ein, um etwaige Ferrosalze in Ferrisalze überzuführen.

Hierauf wird der Nachweis des Eisens in gleicher Weise wie oben geführt.

Es ist immer darauf zu achten, dass die Salzsäure eisenfrei ist; sie darf auf Zusatz der oben erwähnten Reagentien für sich allein keine Blau- oder Rothfärbung geben.

Die Lösungen von Ferrocyankalium und Rhodankalium sind stets vor dem Gebrauch frisch herzustellen; namentlich erstere giebt nach längerer Aufbewahrung auch ohne das Vorhandensein von Eisen eine entsprechende Färbung.

Quantitative Bestimmung.

Die Intensität der Färbung des Berliner Blau lässt sich zur quantitativen Bestimmung des Eisens ausnutzen, indem man mit einer Lösung von bekanntem Gehalte an Ferrisalzen unter denselben Bedingungen in destillirtem Wasser die gleiche Farbendichte wie in dem zu prüfenden Wasser hervorruft und den Verbrauch an Eisensalz in den Gehalt des Wassers an Eisen umrechnet. In gleicher Weise ist das Rhodankalium verwendbar, jedoch sind Unterschiede in Roth für das Auge weniger gut erkennbar. Zur Ersparung einer umständlichen Rechnung wählt man die Ferrisalzlösung so stark, dass 1 ccm derselben 0,1 mg Eisen entspricht. Dies erzielt man, indem man 0,898 g reinen, hellvioletten Eisenalauns (Kalium-Ferrisulfat $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + 24\text{H}_2\text{O}$), nachdem man angezogenes Wasser durch Pressen desselben zwischen Filtrirpapier so gut wie möglich entfernt hat, in 1 l destillirten Wassers löst.

Untersuchung des Wassers. Es werden 200—500 ccm des Wassers nach Zusatz von 1 ccm concentrirter, eisenfreier Salzsäure von specifischem Gewichte 1,10 und einigen Körnchen Kaliumchlorat auf ungefähr 50 ccm in einer Porzellanschale eingedampft. Wenn ein Geruch nach Chlor nicht mehr zu bemerken ist, giebt man die Flüssigkeit in einen Maasskolben und füllt nach dem Erkalten bis zu 100 ccm mit destillirtem Wasser auf. Das so vorbereitete Wasser bringt man in einen Cylinder von 20 cm Höhe oder in einen Hehner'schen Cylinder, fügt 1 ccm der bei dem qualitativen Nachweis erwähnten Kaliumferrocyanid-Lösung hinzu und rührt gehörig mit einem Glasstabe um. In gleicher Weise wie bei der Bestimmung der salpetrigen Säure (vergl. S. 52) stellt man sich mehrere

Kontrolcylinder auf, in welche man 0,5 ccm konzentrierte, eisenfreie Salzsäure, verdünnt mit je 1, 2 oder 4 ccm Kaliumferri-sulfat-Lösung versetzt und bis zu 100 ccm mit destillirtem Wasser aufgefüllt hat. Auch hier wird durch Zusatz von 1 ccm Kaliumferrocyanid-Lösung die Reaktion hervorgerufen. Hierauf werden die Kontrolcylinder mit ersterem verglichen und nach Umständen die Versuchsbedingungen geändert, bis man Farben-gleichheit erzielt hat. Die Eisenmenge des entsprechenden Cylinders entspricht der der angewandten Wassermenge.

Benutzt man nur 1 Cylinder zum Vergleich, so muss auch hier von vornherein die Reaktion stärker sein als in dem eigentlichen Versuchscylinder, d. h. in dieser Flüssigkeit muss mehr Eisen gelöst sein, als in dem zu prüfenden Wasser-quantum vorhanden ist. Durch Abgiessen und Nachfüllen oder durch Ablaufenlassen (Hegner'scher Cylinder) ermittelt man den gleichen Farbenton und berechnet aus dem übrig ge-bliebenden Volumen der Kontrollflüssigkeit den Eisengehalt des Wassers.

Beispiele. Es wurden 400 ccm Wasser in Versuch ge-nommen.

a) Verfahren mit gleichem Volumen. Der gleiche Farbenton wurde erkannt in einem Kontrolcylinder, welcher 1,5 mg Eisen enthielt. In 400 ccm Wasser waren also 1,5 oder in 1 l 3,75 mg Eisen.

b) Verfahren mit ungleichem Volumen. Der Hegner'sche oder ein anderer Kontrolcylinder ohne Abflusshahn war mit 100 ccm einer Ferrisalzlösung entsprechend 1,8 mg Eisen beschickt worden; durch Ablaufenlassen bzw. durch Abgiessen und nach-heriges Nachfüllen war der gleiche Farbenton bei einer Flüssig-keitssäule von 30 ccm Volumen erzielt worden. Die gesammte Flüssigkeit, 100 ccm, enthielt 1,8, daher 30 ccm 0,54 mg Eisen. In 400 ccm Wasser waren daher 0,54 und in 1 l 1,35 mg Eisen.

Bei der eben beschriebenen Methode lassen sich Gewichte unter 1 mg Eisen für das Liter nicht mehr zuverlässig nach-weisen; andererseits wird die Färbung bei 5 mg für die gleiche Wassermenge so stark, dass man mit Verdünnungen arbeiten muss, welche in entsprechender Weise in die Rechnung einzu-beziehen sind.

Multipliziert man das gefundene Gewicht des Eisengehalts mit 1,29, so entspricht das Produkt der entsprechenden Menge von Eisenoxydul (FeO); durch Multiplikation mit 1,43 ermittelt man das Eisen in Form von Eisenoxyd (Fe_2O_3).

Blei, Kupfer, Zink und Arsen.

Qualitativer Nachweis.

Der Nachweis dieser drei Metalle wird ausgeführt, indem man 1 l des Wassers mit Salzsäure bis zur deutlich sauren Reaktion versetzt und in einer Porzellanschale durch Verdampfen auf 200 ccm einengt. Durch Einleitung von Schwefelwasserstoff entsteht eine schwarze Fällung, welche das Blei und Kupfer als Schwefelblei und Schwefelkupfer enthält. Der Niederschlag wird abfiltrirt und vom Filter mit wenig destillirtem Wasser in eine Porzellanschale gespült. Hier wird er mit einer geringen Menge konzentrierter, reiner Salpetersäure versetzt, worin er sich unter Abscheidung von Schwefel löst. Nachdem man letzteren durch Filtration getrennt hat, dampft man die Flüssigkeit ein, um die überschüssige Salpetersäure zu verjagen, und nimmt den Rückstand mit wenig destillirtem Wasser auf. Diese Lösung dient zum Nachweis des Bleies und des Kupfers.

1. Nachweis von Blei. Aus der eben erwähnten, wässerigen Lösung fällt das Blei auf Zusatz von Schwefelsäure und etwas Alkohol als weisser Niederschlag von Bleisulfat aus, welchen man zur Kontrolle mit Schwefelammonium in schwarzes, unlösliches Schwefelblei wieder überführen kann.

2. Nachweis von Kupfer. Zu dem Filtrat von Bleisulfat giebt man einen Ueberschuss von Ammoniak oder man setzt eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz (Ferrocyankalium) hinzu. Bei Anwesenheit von Kupfer tritt in ersterem Falle eine Blaufärbung (Kupferoxydammoniak), im zweiten ein rothbrauner Niederschlag (Kupferferrocyanid) auf.

3. Nachweis von Zink. Ist nach der Einleitung von Schwefelwasserstoff in das mit Salzsäure angesäuerte, eingeeengte Wasser ein Niederschlag entstanden, so enthält das Filtrat, oder, wenn dies nicht der Fall war, die mit Schwefelwasserstoff übersättigte saure Flüssigkeit möglicher Weise Zink. Zum

Nachweis desselben fügt man Natriumacetat in geringem Ueberschuss hinzu, um die Salzsäure vollständig zu binden und Essigsäure in Freiheit zu bekommen; bei der nun nochmals wiederholten Einleitung von Schwefelwasserstoff scheidet sich das etwa vorhandene Zink in der Form von Schwefelzink als weisser Niederschlag aus. Zur Kontrolle kann man den Niederschlag mit konzentrierter Salzsäure lösen und durch vorsichtigen Zusatz von Natronlauge als Zinkhydrat wieder fällen, welches bei einem Ueberschuss wieder in Lösung geht und aus derselben durch Schwefelammonium als weisses Schwefelzink nochmals gefällt werden kann.

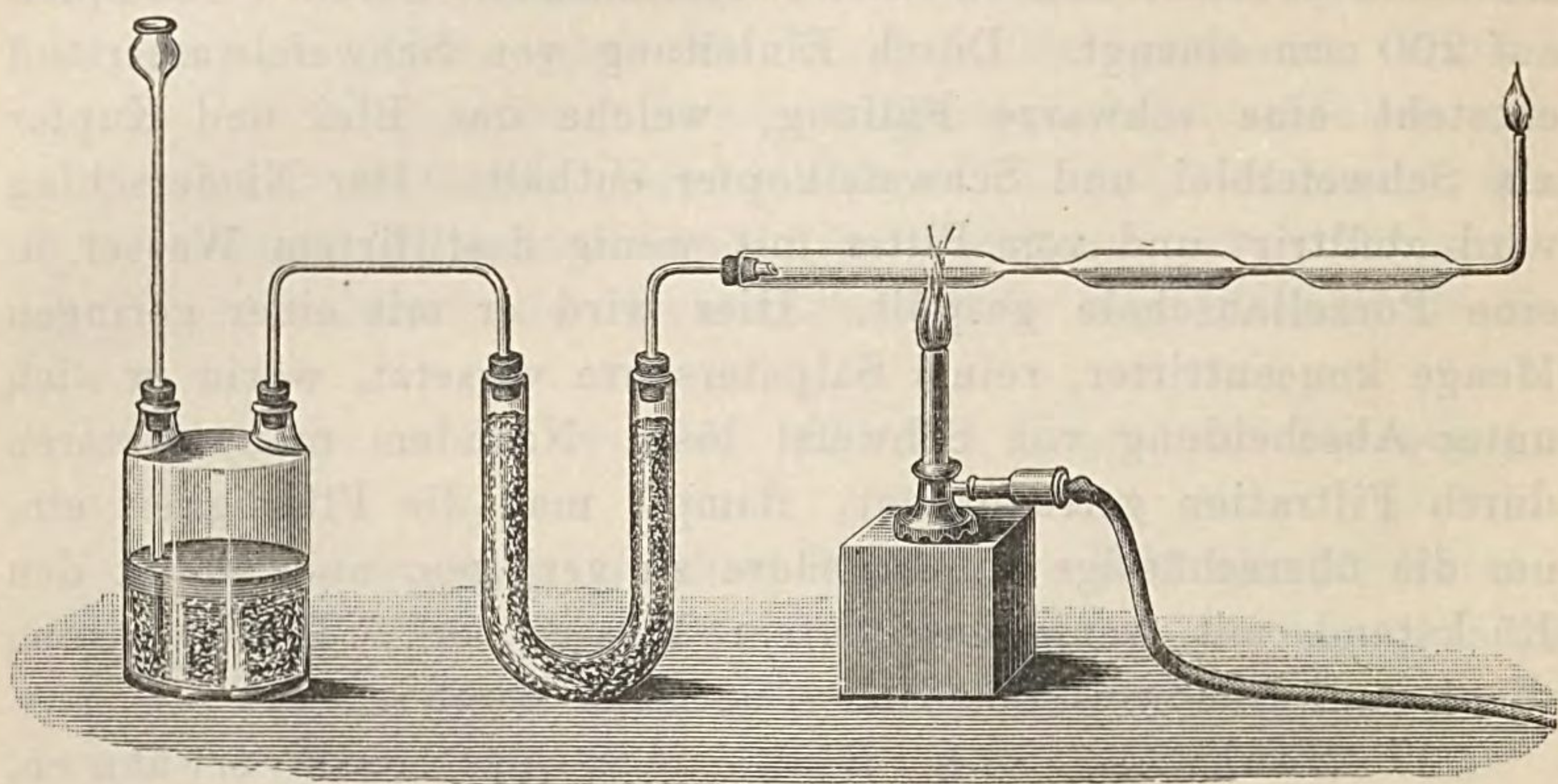


Fig. 12.

4. Nachweis von Arsen. Die Methode beruht darauf, dass man die Sauerstoffverbindungen des Arsens durch die Einwirkung nascirenden Wasserstoffs zu Arsenwasserstoff reducirt. Dieser zerfällt durch Glühhitze oder Verbrennung. Im ersteren Falle bildet sich Arsen und Wasserstoff, im letzteren Arsenigsäureanhydrid.

Zur Ausführung dieser Methode bedient man sich des Marsh'schen Apparates (Fig. 12). Derselbe besteht aus einer zweifach tubulirten Woulf'schen Flasche, welche man mit Stückchen von reinem, metallischem Zink beschickt. Der eine Tubus ist mit einem bis nahe an den Grund der Flasche reichenden Trichterrohre versehen, während in dem anderen ein Ableitungsröhr eingefügt ist. An letzteres schliesst sich ein mit Chlor-

calciumstückchen gefülltes U-förmiges Rohr behufs Trocknung des zu entwickelnden Gases und weiterhin eine mehrfach zu dünneren Stellen ausgezogene Glasröhre von schwer schmelzbarem, bleifreiem Glase, in welcher der Nachweis des Arsens stattfindet.

Zunächst giebt man durch das Trichterrohr verdünnte Schwefelsäure in die Woulf'sche Flasche und setzt damit die Entwicklung von Wasserstoffgas in Gang, welche besser verläuft, wenn man noch einige Tropfen Platinchloridlösung hinzufügt. Um die Bildung von Knallgas zu verhüten, welche zu gefährlichen Explosionen Anlass geben kann, ist vor jeder weiteren Maassnahme so lange zu warten, bis alle Luft durch Wasserstoffgas aus dem Apparat verdrängt ist. Hierauf zündet man den am Ende des Apparates ausströmenden Wasserstoff an. Zur Prüfung, ob das gelieferte Gas, bezw. die zur Bildung desselben verwendeten Materialien (Zink und Schwefelsäure) arsenfrei sind, versetzt man die erste nach dem U-Rohr befindliche Erweiterung des mehrfach ausgezogenen Glasrohres mittelst eines Bunsenbrenners oder einer Spirituslampe in gelinde Glühhitze. Wenn dies der Fall ist, darf nach Verlauf einer halben Stunde keine schwarze Abscheidung stattfinden.

Nach Erfüllung dieser Vorsichtsmaassregeln ist der Apparat zur Ausführung der Untersuchung des Wassers auf Arsen geeignet. Zu diesem Behufe lässt man durch das Trichterrohr in die Woulf'sche Flasche zunächst 5 ccm und allmählig steigend bis zu 30 ccm des zu prüfenden Wassers einfließen. Ein schwarzer, spiegelnder Niederschlag an dem erhitzten Theile der Glasröhre zeigt die Gegenwart von Arsen an. Hierbei nimmt die Wasserstoffflamme, namentlich, wenn man den Bunsenbrenner entfernt, eine bläulichweisse Färbung an. Hält man in dieselbe den Deckel eines Porzellantiegels, so beschlägt sich dieser schwarz mit elementarem Arsen, welches dadurch charakterisirt ist, dass es sich in einer Lösung von unterschwefligsaurem Natrium leicht löst.

Je nachdem an dem Glasrohre sich mehrfache Erweiterungen befinden, lässt sich dasselbe zu wiederholten Prüfungen benutzen, wobei selbstverständlich eine Erwärmung derjenigen Stellen, an welchen sich bereits ein Arsenspiegel befindet, zu verhüten ist.

Quantitative Bestimmung von Blei, Kupfer und Zink.

Wenn diese Metalle in Wässern vorkommen, so rühren sie vornehmlich von Verunreinigungen durch die Leitungsröhren her. Es wird daher selten der Fall sein, dass sie gleichzeitig alle drei zusammen vorhanden sind; andererseits ist zu erwarten, dass ihre Menge stets eine geringe sein wird. Aus diesen Gründen wird man sich stets durch die qualitative Prüfung überzeugen, auf welches Metall man mit Erfolg prüfen kann, um sich unnöthige Arbeit zu ersparen. Das Wasser muss hierbei immer in angesäuertem Zustande eingedampft werden, um die Bildung von Calciumkarbonat zu verhüten, in welchen Niederschlag diese Metalle mit übergehen.

1. Bestimmung des Bleies.

a) Gewichtsanalytische Methode.

Je nach dem mehr oder minder starken Ausfall des qualitativen Nachweises von Blei werden 1—5 l Wasser mit Salzsäure angesäuert und auf 100—150 ccm eingedampft. Bei den geringen Mengen von Blei ist nicht zu befürchten, dass das sich bildende, schwer lösliche Bleichlorid nicht in Lösung bleibt. Sollte die Mischung schliesslich stark sauer reagiren, so stumpft man die Salzsäure mit Natriumkarbonatlösung ab und setzt hierauf Natriumacetatlösung im Ueberschuss hinzu, um wie oben die mineralische Säure zu binden und Essigsäure frei zu bekommen. Die Flüssigkeit wird gelinde erwärmt und ein Strom gut gewaschenen Schwefelwasserstoffgases eine halbe Stunde lang eingeleitet, worauf das Metall als schwarzer Niederschlag von Schwefelblei ausfällt. Der Niederschlag wird auf ein Filter gebracht und mit destillirtem Wasser, dem man etwas Schwefelwasserstoffwasser zugesetzt hat, sorgfältig ausgewaschen. Nach dem Trocknen wird derselbe in einen gewogenen Rose'schen Tiegel unter den nöthigen Vorsichtsmaassregeln gegen Verstäuben und Verstreuen gegeben, das Filter in einer Platinspirale verbrannt und die Asche desselben hinzugefügt.

Der Rose'sche Tiegel (Fig. 13) ist ein Porzellantiegel,

dessen Deckel eine Oeffnung trägt zur Aufnahme eines Porzellanrohres behufs Zuleitung von Wasserstoffgas.

Zu dem getrockneten Niederschlag von Schwefelblei in diesem Tiegel wird etwas Schwefelpulver gebracht, dessen Reinheit man dadurch geprüft hat, dass es bei dem Erhitzen auf dem Platinblech vollständig flüchtig war. Hierauf wird durch das oben besagte Porzellanrohr ein Wasserstoffstrom, welcher durch Einfügung einer mit konzentrierter Schwefelsäure beschickten Waschflasche getrocknet wird, zugeleitet und der Tiegel bis zur Rothgluth erhitzt. Der geglühte Niederschlag, welcher nun der Formel PbS entspricht, wird nach dem Erkalten des Tiegels im Exsiccator gewogen; die Anzahl der ermittelten Milligramme mit 0,866 multiplicirt ergiebt die Milligramme Blei, welche in der Menge des zu untersuchenden Wassers enthalten waren.

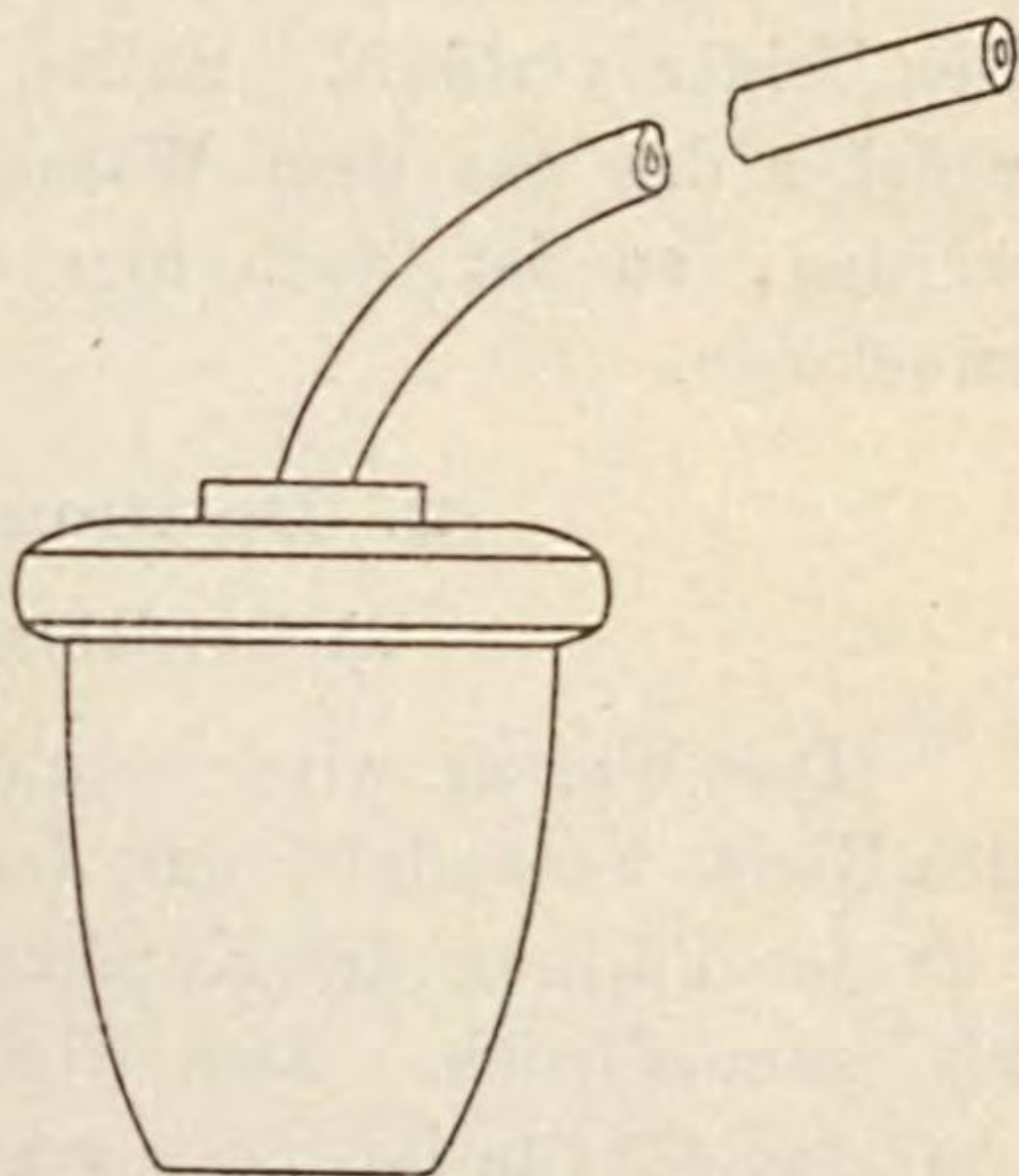


Fig. 13.

b) Kolorimetrische Methode.

Bei dieser Methode benutzt man als Vergleichsflüssigkeit eine Lösung von 0,16 Bleinitrat in 1 l Wasser; 1 ccm derselben enthält 0,1 mg Blei.

Untersuchung des Wassers. Der bei dem Gang der gewichtsanalytischen Bestimmung erzielte Niederschlag von Schwefelblei wird vom Filter in ein Porzellanschälchen gespült und durch Erwärmen mit etwas konzentrierter Salpetersäure gelöst. Hierauf wird die Lösung eingedampft, um die überschüssige Salpetersäure zu verflüchtigen. Der Rückstand wird in destillirtem Wasser gelöst und in einen Cylinder gespült, welcher nach Zusatz von Natronlauge und Schwefelwasserstoffwasser in bestimmten Volumen auf 100 ccm aufgefüllt wird. Indem man bestimmte Mengen der Bleinitratlösung mit dem gleichen Zusatz von Natronlauge und Schwefelwasserstoffwasser versetzt und gleichfalls das fehlende Volum durch destillirtes Wasser auf

100 ccm ergänzt, stellt man sich einen oder mehrere Vergleichscylinder her und verfährt im Uebrigen wie bei der Bestimmung der salpetrigen Säure (vergl. S. 52).

Die Hinzufügung von Natronlauge ist zu empfehlen, da in alkalischer Lösung die Reaktion des Schwefelwasserstoffs auf Blei feiner verläuft. Sollte die Braunfärbung in dem Cylinder, welcher das aus dem Wasser stammende Blei enthält, zu dicht werden, so ist auch hier eine entsprechende Verdünnung vorzunehmen.

2. Bestimmung des Kupfers.

a) Gewichtsanalytische Methode.

Das Wasser wird in gleicher Weise wie bei der Bestimmung des Bleies behandelt, nur der Natriumacetatzusatz ist überflüssig; vor der Fällung des Kupfersulfids erhitzt man zweckmässig fast bis zum Sieden. Der Niederschlag ist rasch auszuwaschen, um eine Oxydation zu vermeiden. Durch Glühen im Rose'schen Tiegel bildet sich Kupfersulfür, Cu_2S . Die Gewichtsmenge desselben ist mit 0,789 zu multipliciren, um das Gewicht des Kupfers zu erfahren.

b) Kolorimetrische Methode.

Ebenso wie der Niederschlag von Schwefelblei wird der von Kupfersulfat weiter verarbeitet, wobei jedoch durch Zusatz von Ferrocyankalium (1 : 200) eine ^{Braun}Blaufärbung als Vergleichsfarbe hervorgerufen wird. Dies geschieht ebenfalls in den Vergleichscylindern, welche man mit bestimmten Mengen einer Lösung von Kupfersulfat ($\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$) beschickt hat. Die Herstellung derselben wird bewerkstelligt, indem man 1,971 Kupfersulfat in 1 l destillirten Wassers löst; 1 ccm entspricht 0,5 mg Kupfer.

3. Bestimmung des Zinks.

a) Gewichtsanalytische Methode.

Man verfährt ebenso wie bei den vorher erwähnten Metallen, der Niederschlag von Zinksulfid darf erst nach 8—10stündigem Stehen in einem gut verschlossenen Kolben abfiltrirt werden. Das schliessliche Ergebniss von Schwefelzink hat man mit 0,67 zu multipliciren, um die Gewichtsmenge des Zinks zu erfahren.

b) Kolorimetrische Methode.

Der Nachweis auf diesem Wege geschieht ebenfalls durch Ferrocyankalium, welches in Zinksalzlösungen eine weisse Trübung hervorruft. Es empfiehlt sich, mindestens je 200 ccm Flüssigkeit in Vergleich zu ziehen. Als Vergleichsflüssigkeit dient Zinksulfat ($\text{ZnSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$). Löst man 4,415 g in 1 l destillirten Wassers, so entspricht 1 ccm der Lösung 1 mg Zink.

Auch hier gilt für die direkte Verwendung des Wassers das Gleiche wie bei der Kupferbestimmung.

Es ist selbstverständlich, dass man bei der Bestimmung des Bleies, des Kupfers oder des Zinks eines oder beide vorhandene Metalle ausser dem zu bestimmenden aus dem Wasser nach den beim qualitativen Nachweis angegebenen Methoden (vergl. S. 77) entfernen muss. — Die kolorimetrischen Methoden wird man immer anwenden, wenn es sich um geringe Mengen dieser Metalle handelt.

Allgemeine Bemerkungen über den Gang der chemischen Analyse.

Um sich ein Bild über die Zusammensetzung des zu untersuchenden Wassers im Allgemeinen zu schaffen, wird man die Prüfung desselben stets mit einer qualitativen Ermittlung der vorhandenen Bestandtheile einleiten. Es mag zuweilen fraglich sein, wie man die eingetretene Reaktion zu deuten hat; häufige Beobachtung bei verschiedenen Wasserarten führen zu einer Erfahrung, welche eine zuverlässige Deutung des jeweiligen Resultats auf dem Wege des Vergleichs ermöglicht. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass eine eben bemerkbare Opalescenz oder Färbung als „schwache Spur“, oder wenn diese Erscheinungen deutlich hervortreten, als „Spur“ zu bezeichnen sind. Die Entstehung eines sichtbaren Niederschlages wird man mit dem Ausdruck „Vorhanden“ verzeichnen. Während die ersteren beiden Beobachtungen einen weiteren Anlass zur quantitativen Bestimmung nur zuweilen abgeben (Ammoniak, Schwefelwasser-

stoff, Blei, Kupfer), bildet die Intensität des Niederschlages, seine Dichtigkeit, das Vermögen, sich mehr oder minder rasch abzusetzen, die Grundlage für die sich anschliessende quantitative Untersuchung.

Durch die Aufbewahrung der entnommenen Probe erfährt das Wasser Veränderungen, welche thunlichst zu vermeiden sind. Oben (S. 20) wurde schon erwähnt, dass man das Absetzen der schwimmenden Bestandtheile an einem kühlen Orte vor sich gehen lassen solle; die niedrige Temperatur bildet ein Mittel, unwillkommene Zersetzungs Vorgänge zu verlangsamen oder auf ein Minimum herabzudrücken. Weit störender ist aber ein Verlust der flüchtigen Stoffe, welcher trotz guten Verschlusses immerhin möglich ist, da die Probeflaschen nie vollständig gefüllt sein werden. Die Ermittlungen des Gehaltes an Kohlensäure, Sauerstoff, Schwefelwasserstoff werden deshalb unter thunlichst geringem Zeitverlust bald nach der Entnahme des Wassers auszuführen sein. In gewissem Sinne kommt auch das Ammoniak hier in Betracht, da es auch in freiem Zustande zum Theil vorhanden sein kann.

Die Umsetzungsfähigkeit des letzteren, auch im gebundenen Zustande, in salpetrige Säure und Salpetersäure, sowie die unter gewissen Bedingungen sich abspielende Oxydation der organischen Bestandtheile lassen es gerechtfertigt erscheinen, die Bestimmung des Ammoniaks, der Oxydirbarkeit und des Glühverlustes nicht lange hinauszuschieben.

Weiterhin kann die Ermittlung von Calcium, Magnesium oder Eisen an Zuverlässigkeit einbüssen, wenn das in loser Verbindung stehende Molekül Kohlensäure zu entweichen Gelegenheit hatte und damit die Ausfällung derselben ermöglicht wird.

Fehlerquellen dieser Art wird man durch den eben geschilderten Gang der Untersuchung auszuschliessen suchen. Für die übrigen zu ermittelnden Bestandtheile ist eine zeitliche Reihenfolge von geringerer Bedeutung, wenngleich es sich empfehlen wird, unnöthiger Zeitverluste zu entsagen. Immerhin wird man die quantitativen Bestimmungen nach praktischen Rücksichten ordnen, wie sich solche beispielsweise bei der Ermittlung des Kieselsäure- und Thonerde-Gehaltes (vergl. S. 74) ergeben, zumal in Fällen, wo die Menge des vorhandenen Wassers zur Sparsamkeit mahnt.

Zusammenstellung der Ergebnisse der chemischen Analyse.

Bisher besteht noch keine Einigkeit in der Ausdrucksweise der Ergebnisse der chemischen Untersuchung des Wassers. Die ermittelten Werthe werden auf 10 000 oder 100 000 oder auf 1 l Wasser bezogen. Mit Berücksichtigung der üblichen Maasse und Gewichte erfahren wir hierbei, wie viele Milligramm des betreffenden Bestandtheils in 10, 100 oder 1000 g Wasser vorhanden sind. Im Allgemeinen darf man erwarten, dass die zu ermittelnden Stoffe in den Wässern in relativ geringen Mengen vorhanden sind, wenn nicht ausnahmsweise eine grobe Verunreinigung vorliegt. Für die Beurtheilung ist das Arbeiten mit verhältnissmässig grösseren Zahlenwerthen bequemer, und eine solche Zusammenstellung bietet namentlich den mit der Wasseranalyse weniger Vertrauten und besonders den Nichtsachverständigen, welche in der Lage sind, auf Grund solcher Untersuchungen Maassnahmen zu treffen, eine bessere Uebersicht. Aus diesen Gründen ist die Angabe, wieviel Milligramme des fraglichen Stoffes in 1 l enthalten sind, zu bevorzugen. Es kommt noch hinzu, dass man mit dieser Angabe an der Hand des bei uns eingeführten Längenmaasses sich leicht eine bildliche Vorstellung konstruiren kann. Ueberträgt man sich nämlich die Anzahl der Milligramme als Millimeter auf einen Meterstab, so ergiebt die Höhe einer solchen Säule einen anschaulichen Begriff von dem Grade der eventuellen Verunreinigung. Es ist sehr zu wünschen, dass diese Art des Ausdrucks der analytischen Resultate allgemein angenommen wird. Der Einwand, dass die konsequent durchgeführte Berechnung auf 1 l das Bild verwische, weil bei der Ermittlung der jeweiligen Bestandtheile verschiedene Wassermengen in Versuch gezogen werden, ist nicht stichhaltig, da für die hygienische Beurtheilung weniger die absolute Menge der Verunreinigung, denn vielmehr der Vergleich mit normal anerkannten Zuständen in Betracht kommt. Eine Ausnahme bildet die Ausdrucksweise der Härtegrade.

Es ist üblich, die sauerstoffhaltigen Säuren als Säureanhydride, die Metalloxyde als Metalle, jedoch die Alkalimetalle

in der Form ihrer Chloride anzugeben. Chlor, Schwefelwasserstoff und Ammoniak werden als solche verzeichnet. Bei der Bestimmung der organischen Substanzen ist die Angabe des Sauerstoffverbrauches, welcher zur Oxydation derselben nöthig war, der entsprechenden Menge von Kaliumpermanganat vorzuziehen.

Das Einhalten einer gleich hohen Temperatur bei der Trocknung der suspendirten Substanzen, des Rückstandes und des Glühverlustes ist zu empfehlen, zumal die Veränderungen des Gewichtes hinsichtlich der letzten beiden genannten Bestandtheile durch das Verhalten des Krystallwassers und das Eintreten chemischer Umsetzungen ihre Berechtigung haben. Die Gleichmässigkeit der Durchführung der Untersuchung unter Berücksichtigung der an den betreffenden Stellen angegebenen Kautelen wird Irrthümer in der Beurtheilung des Wassers ausschliessen.

Durchschnittlich wird eine Betrachtung der chemischen Grundstoffe für die Beurtheilung des Wassers ausreichend sein; man wird in den meisten Fällen bei der Wasseranalyse für hygienische Zwecke von einer Gruppierung der Säuren Abstand nehmen dürfen, zumal nach den Erfahrungen von Tiemann-Gärtner bei stark verunreinigten Wässern die anorganischen Basen zur Bindung der Säuren nicht ausreichen, vielmehr solche organischer Natur, deren genauere Beschaffenheit durch die jetzt übliche Wasseruntersuchung nicht klargestellt ist, helfend zur Bindung der Säuren eintreten müssen. Für die Ausnahmefälle, in welchen eine derartige Berechnung erwünscht erscheint, sei bemerkt, dass man unter Berücksichtigung der Atomgewichte das Chlor zunächst an Natrium bindet und den Rest dann auf Kalium und weiterhin auf Calcium vertheilt. Etwa übrig bleibende Mengen von Natrium, Kalium und Calcium bindet man in der gleichen Reihenfolge an Schwefelsäure. Die Bestimmung der permanenten Härte des Wassers bildet einen Anhaltspunkt für diese Sulfatverbindungen, da diese zum Theil durch dieselben bedingt wird. Die Salpetersäure ist mit dem Ammoniak in Rechnung zu stellen; der übrig bleibende Theil kommt bei stark verunreinigten Wässern organischen, nicht flüchtigen Basen, bei reinen dagegen dem Kalk zu. Diejenigen Mengen von Calcium und Magnesium, welche in der Reihenfolge

von Schwefelsäure, Salpetersäure und Chlor nicht gebunden werden können, sind als Bikarbonate aufzufassen. Von einer Gruppierung der salpetrigen Säure, der Kieselsäure, der Thonerde und des Eisens kann man absehen; sollte letzteres in grösserer Menge auftreten, so kann man es als kohlensaures Eisenoxydul mit dem Rest der halbgebundenen Kohlensäure in Verbindung treten lassen.

IV. Mikroskopische Untersuchung.

Es kann nicht ausreichend sein, die ungelöst im Wasser befindlichen Bestandtheile nur auf dem Filter als suspendirte Substanz dem Gewichte nach kennen zu lernen, auch die Ermittlung, wie gross der verbrennbare (organische) Antheil derselben ist, giebt uns nur einen ungenügenden Anhaltspunkt über deren Bedeutsamkeit für die hygienische Beurtheilung des Wassers. Zudem wäre die Voraussetzung, dass man durch das Filter sämtliche schwimmende Theilchen aufgefangen hat, eine irrige; ein beträchtlicher Theil derselben ist von so geringer Grösse, dass die Poren des gebräuchlichen Filtrirpapiers nicht eng genug sind, um sie zurückzuhalten; zum Theil sind dieselben so klein, dass wir sie mit unbewaffnetem Auge nicht mehr wahrnehmen können. Wir können uns nur eine Vorstellung über das Wesen solcher kleinster Gegenstände machen, wenn wir dieselben durch Vergrösserung erkennbar machen. Das Mikroskop gestattet uns, die äusseren Umrisse ihrer Gestalt, ihre Farbe und dergleichen zu erkennen, um nach ihrem Wesen und nach ihrer Herkunft zu bestimmen, ob ihnen als Verunreinigung eine hygienische Bedeutung beizumessen ist oder nicht.

A. Dem Wasser beigemischte Bestandtheile.

Das Wasser zeigt oft eine Opalescenz oder schwache Trübung, welche sich durch die sorgfältigste Filtration nicht beseitigen lässt. Die Ursache hiervon liegt in einer Aufschwemmung äusserst kleiner Lehm- oder Thon-Partikelchen, deren körperliche Beschaffenheit nur durch die stärksten Vergrösserungen nachgewiesen werden kann. Nicht immer finden sich dieselben

in dieser äusserst feinen Form vor, namentlich wird man im Bodensatz des Wassers grössere Konglomerate vorfinden; charakteristisch bleibt die Ungleichheit ihrer Gestalten; sie stellen sich als rundliche, längliche Körnchen von verschiedenen Durchmessern dar, welche gegen die meisten chemischen Agentien sehr widerstandsfähig sind. Die gleichen chemischen Eigenschaften zeigen auch die Quarzsplitterchen, welche im mikroskopischen Bilde durch ihre unregelmässigen Formen und durch die je nach ihrer Lage stark lichtbrechenden Flächen auffallen. — Unlösliche Eisenverbindungen zeigen sich meistens als dunkle, schwarze bis bräunliche, in Haufen angeordnete, rundliche Gebilde. — Die Beimengung anderer feinsten, mineralischer Bestandtheile verschiedenster Art zum Wasser erfolgt in grösserer Menge durch Pochwerke, welche die dem Erze anhaftenden werthlosen Minerale durch Abschleppen beseitigen. Auch hier wird die Unregelmässigkeit in der äusseren Gestalt immer vorherrschen.

Die dauernden und starken Trübungen, welche die Abwässer aus Steinschleifereien, Holzschleifereien und Holzstofffabriken zuweilen hervorbringen, machen das Wasser an sich nicht gesundheitsschädlich, jedoch ungeniessbar und unbrauchbar.

Charakteristisch sind die Formen derjenigen Bestandtheile, welche von Pflanzen oder Thieren herkommen. Es gelangen bisweilen in das Wasser Pollenkörner oder Reste von Pflanzen, insbesondere von deren Blättern, bei welchen innerhalb der durch ihre grössere Form kenntlichen Pflanzenzellen zuweilen noch Chlorophyllkörner sichtbar sind. Stücke von Körpertheilen von Insekten, wie von Flügeln, Fühlern, Beinen und dergleichen erhalten wegen ihrer widerstandsfähigen Chitinhüllung sehr lange ihre Formen.

Allen den bisher genannten Befunden ist von hygienischer Seite ein besonderer Werth nur dann beizulegen, wenn sie in solcher Menge vorhanden sind, dass sie das Wasser unappetitlich und unansehnlich machen. In solchen Fällen wird man sich schon ein Urtheil durch die äusserliche Beschaffenheit des Wassers gebildet haben, ehe man das Mikroskop zu Rathe gezogen hat.

Dagegen sind Befunde, welche auf Verunreinigungen durch Abfallstoffe des menschlichen Haushalts und Verkehrs hindeuten, strenger zu beurtheilen, wie beispielsweise Fasern von Wolle (Fig. 14), Baumwolle (Fig. 15), Hanf (Fig. 16), Flachs (Fig. 17),

Seide (Fig. 18) oder Haare. Der Zutritt von Küchenabwässern wird sich erkennen lassen durch das Auffinden von pflanz-

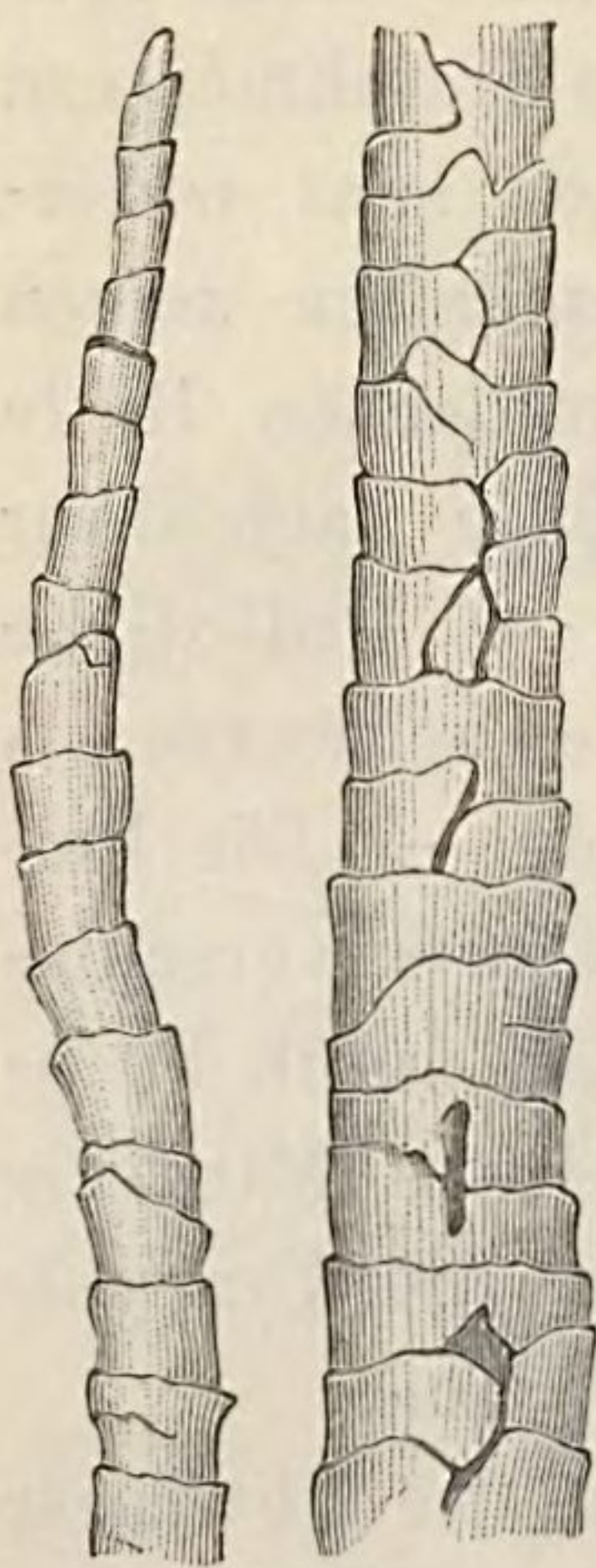


Fig. 14.
Wollfasern.

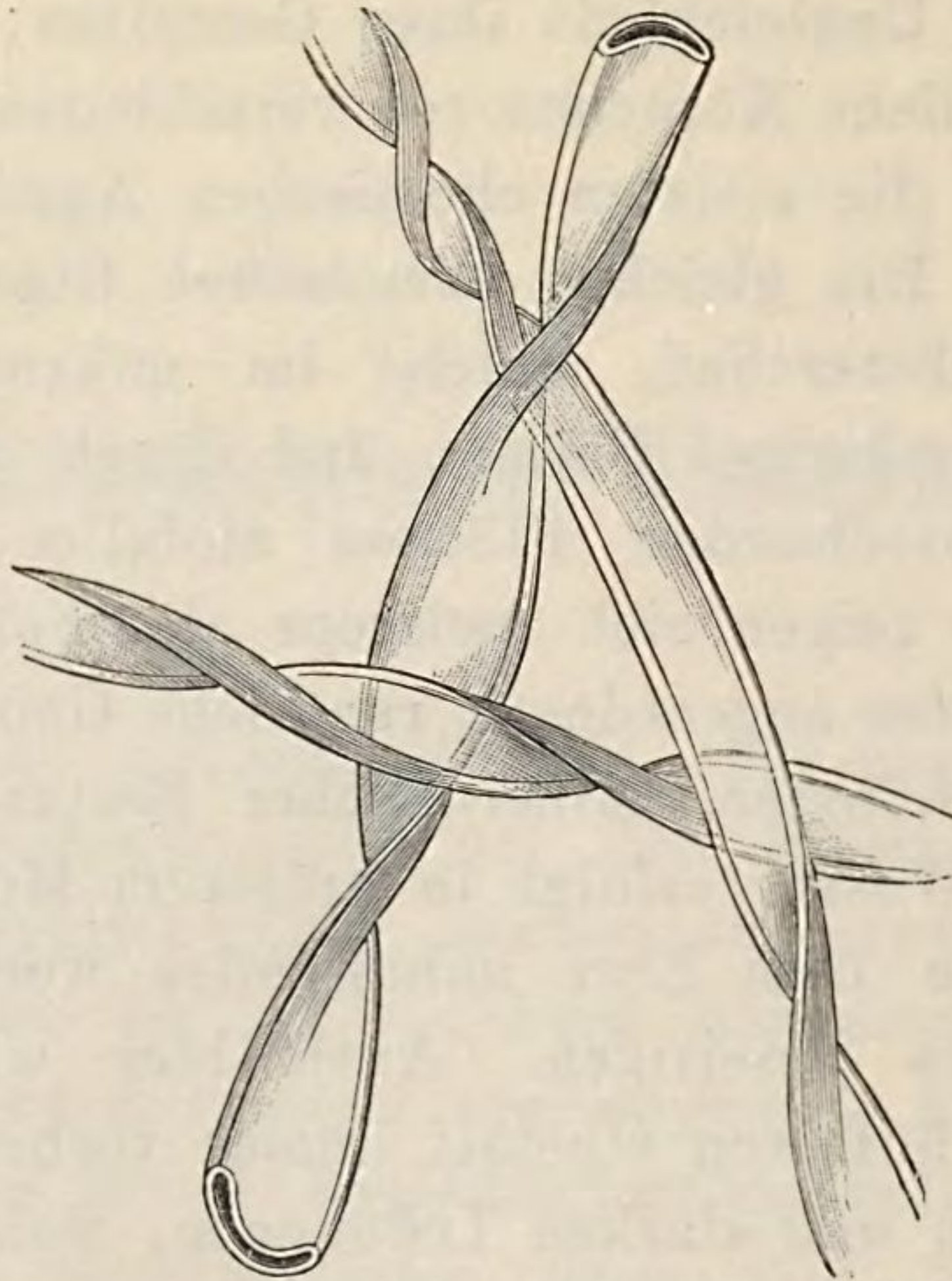


Fig. 15.
Baumwollfasern (300:1).

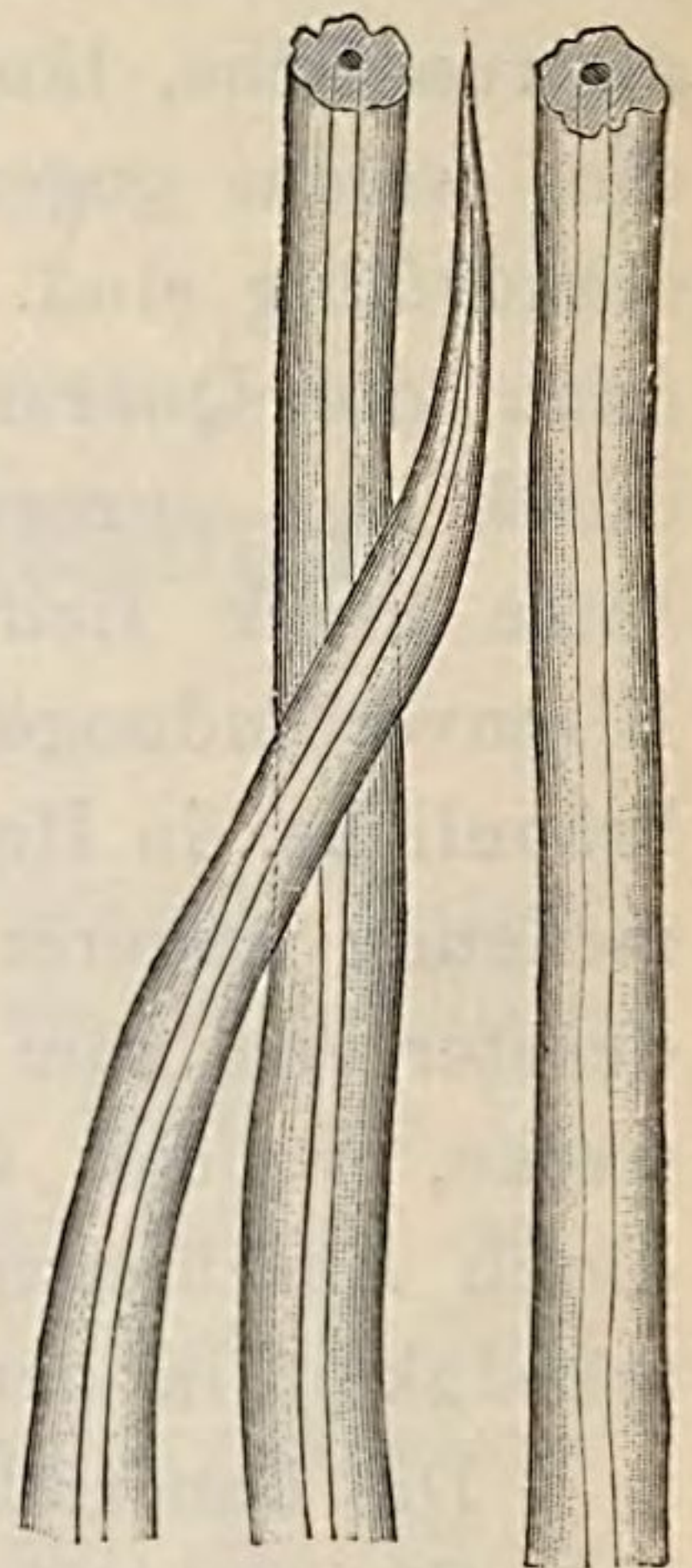


Fig. 16.
Hanf (300:1).

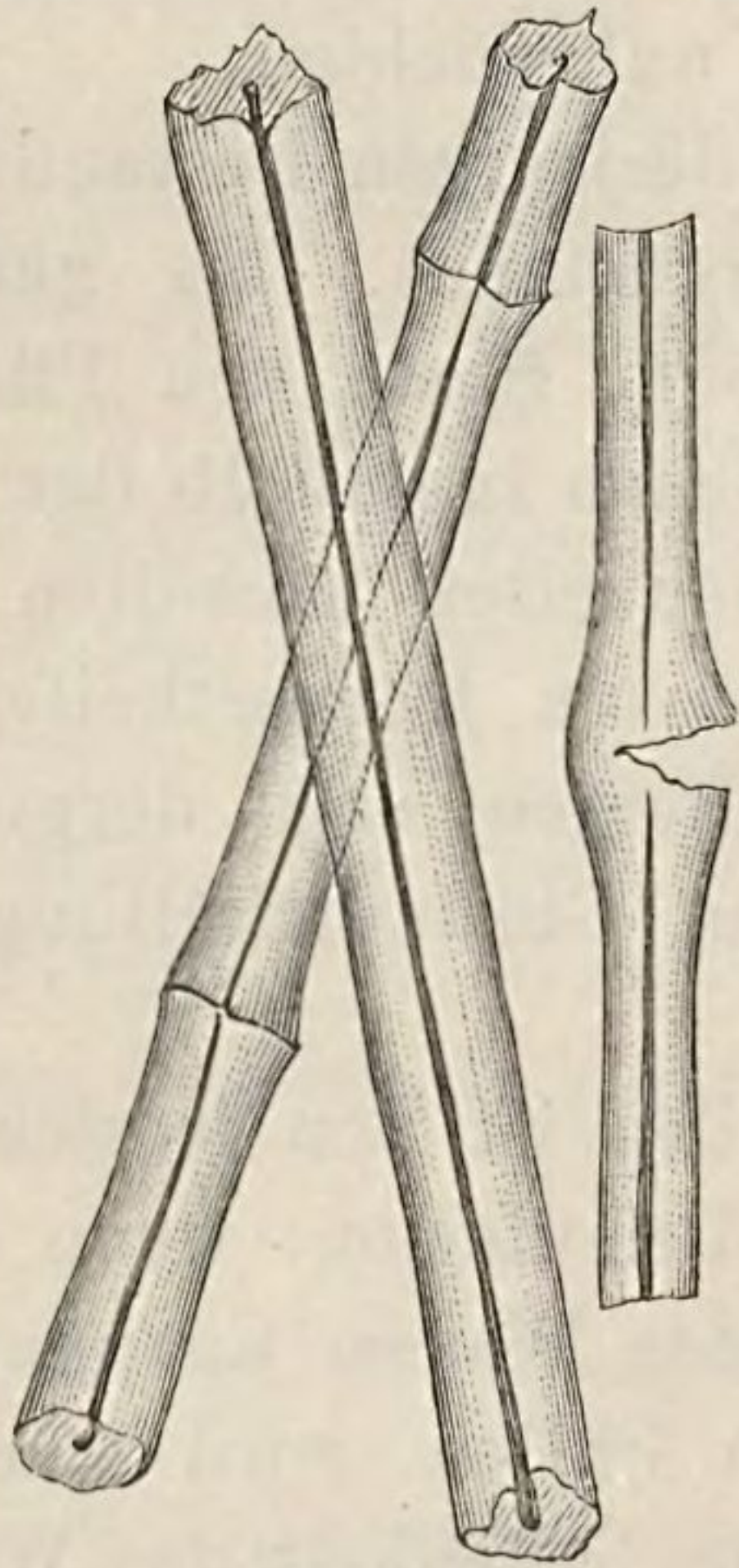


Fig. 17.
Flachs (300:1).

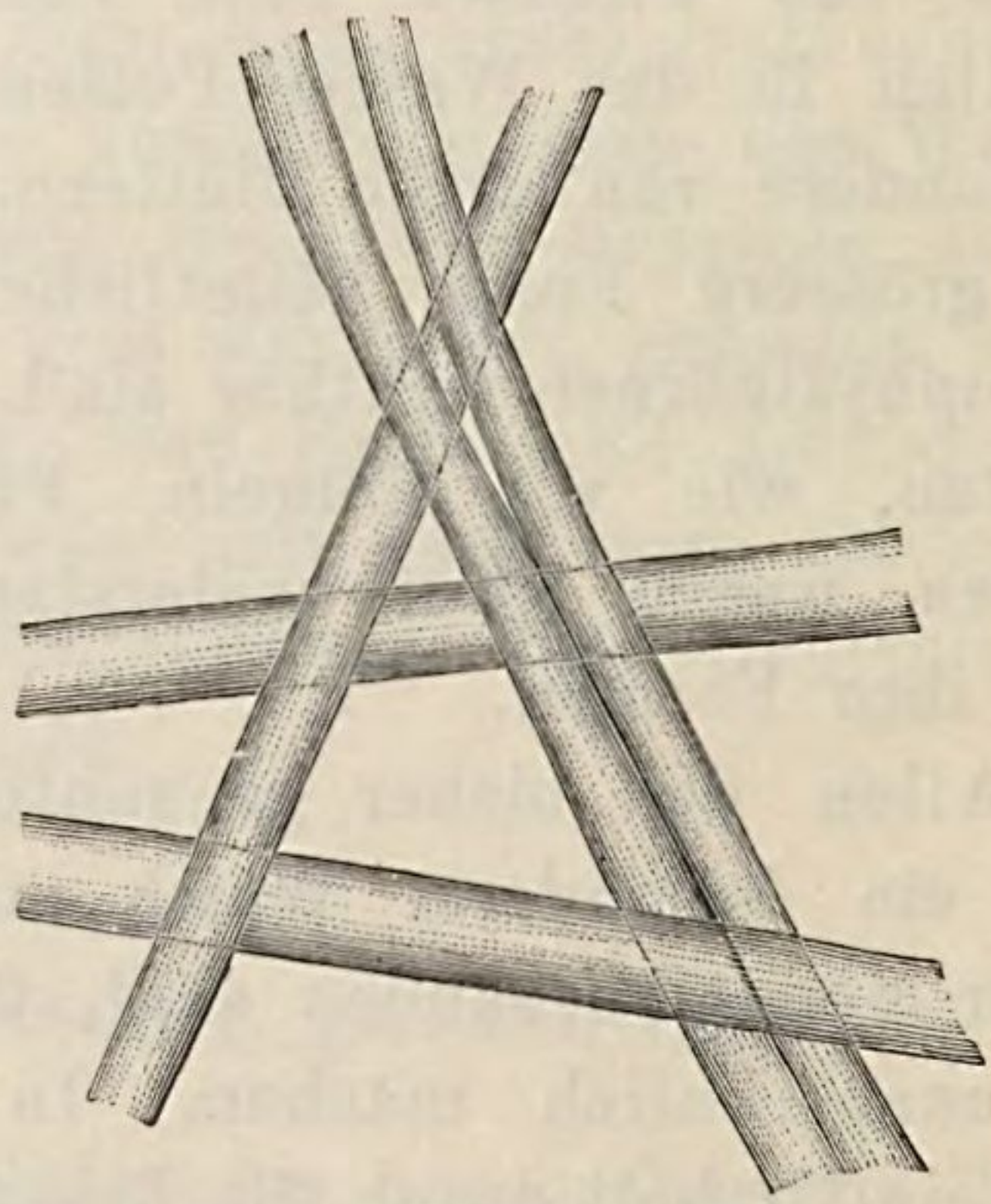


Fig. 18.
Seide (300:1).

Nach Flügge.

lichen Fasern oder von Stärkekörnern. Letztere zeigen je nach ihrer Abstammung verschiedene Formen; durch das Kochen erfahren dieselben gewisse Veränderungen. Zur Orientirung mag die

von Tiemann-Gaertner gelieferte Zusammenstellung, welche wir in der untenstehenden Figur 19 wiedergegeben haben, dienen; in derselben stellt a Stärkekörner der Kartoffel, b solche von Roggen, c solche von Hafer, d solche von Weizen, e solche von

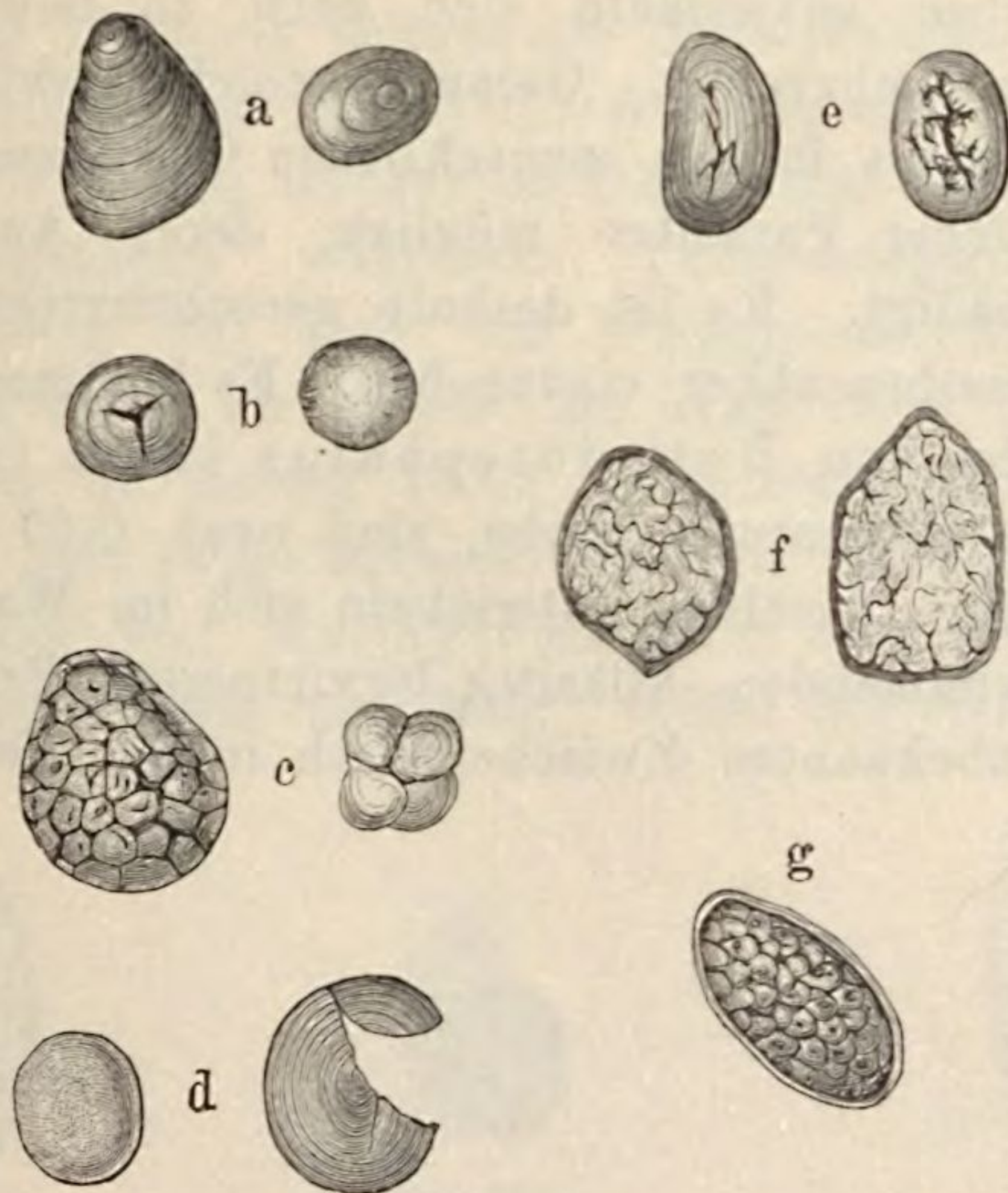


Fig. 19.
Stärkekörner (100:1).
Nach Tiemann-Gaertner.

Bohnen, f gekochte Kartoffelstärkekörner und g ein gekochtes Erbsenstärkekorn dar. — Dass die Verunreinigungen des Wassers fäkalen Ursprungs sind, wird sich durch das Auffinden unverdauter Speisereste nachweisen lassen; Muskelfasern von rohem



Fig. 20.
Muskelfasern (500:1).
Nach Tiemann-Gaertner.

und gekochtem Fleisch können den Darmkanal durchwandern, ohne dass immer ihre charakteristische Struktur, die Querstreifung, verloren geht; die Imbibition mit Gallenfarbstoff verleiht denselben eine hellgelbe Farbe, welche durch das Wasser nur schwer und langsam ausgelaugt wird (Fig. 20).

Die Verunreinigung des Wassers durch Fäkalien kann insofern eine sehr bedenkliche werden, als letztere die Eier von Eingeweidewürmern oft in beträchtlicher Menge bergen. Diese Eier halten sich nicht nur lange Zeit lebensfähig, sondern manche derselben entwickeln sich auch zu bewimperten, bewegungsfähigen Embryonen. Gelangen solche Gebilde durch den Genuss des Wassers in den menschlichen Organismus, so ist die Erwerbung solcher Parasiten möglich, deren Anwesenheit die Gesundheit schädigt. Es ist deshalb gerechtfertigt, auf die Beschreibung derselben näher einzugehen. Es kommen in Betracht:

a) Die Eier von *Bothriocephalus latus* (Fig. 21). Die Eier haben eine braunrothe Farbe, sind oval, 0,07 mm lang und 0,045 mm breit. Dieselben entwickeln sich im Wasser zu einem frei umherschwimmenden, allseitig bewimperten Embryo, welcher durch einen unbekannten Zwischenwirth in den Verdauungskanal

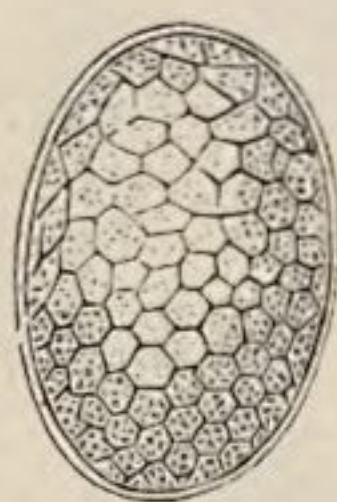


Fig. 21.



Fig. 22.

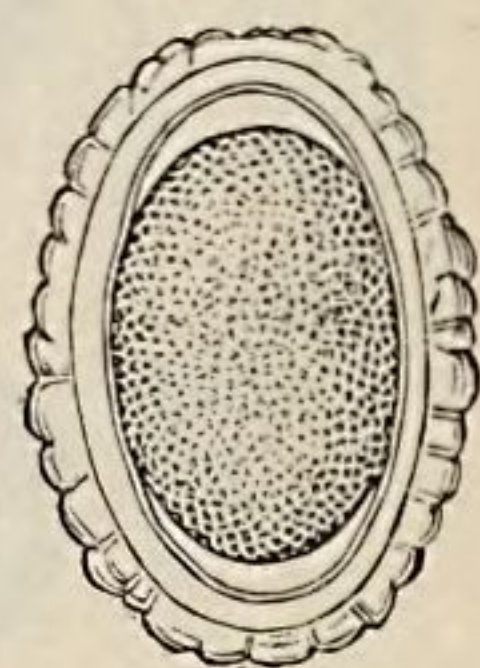


Fig. 23.

Ei von *Bothriocephalus latus*.

Ei von *Taenia saginata*.

Ei von *Ascaris lumbricoides*.

Nach Leunis.

von Fischen gelangt, von wo er sich in das Muskelfleisch einbohrt. Der Genuss ungenügend zubereiteter Fische kann die Entwicklung dieses Bandwurmes beim Menschen im Gefolge haben.

b) Die Eier der *Taenia saginata* (Fig. 22). Die Eier dieses Bandwurmes, welcher durch die Rindsfinne seine Verbreitung findet, sind kreisrund mit radiär gestreifter Schaale; sie besitzen eine Grösse von 0,03 mm Durchmesser.

c) Von gleicher Beschaffenheit und Grösse sind die Eier der *Taenia solium*, des im Schweinefleisch als Finne häufig vorkommenden Bandwurms.

d) Die Eier des im Dünndarm des Menschen vorkommenden Spulwurmes, *Ascaris lumbricoides* (Fig. 23), besitzen eine unregelmässig zackige und hügelige Oberfläche; sie sind 0,05 bis 0,06 mm lang. Im Wasser entwickeln sich dieselben ungeheuer langsam (nach 5—6 Monaten) zu 0,3 bis

0,4 mm langen Embryonen, deren weitere Schicksale und Wege noch nicht näher bekannt sind.

e) Die Eier des im Dickdarm des Menschen oft in grosser Menge vorkommenden *Oxyuris vermicularis* (Fig. 24) besitzen meistens schon nach der Ablegung seitens des Mutterthieres einen spiralig gewundenen Embryo; sie sind 0,052 mm lang und 0,024 mm breit.

f) Nicht so häufig ist der im Darmkanal des Menschen und mehrerer Säugethiere wohnende *Trichocephalus dispar*. Dessen Eier (Fig. 25) sind von bräunlicher Farbe, 0,05 mm lang, 0,23 mm breit; sie haben eine ovale Form und sind durch zwei Endzapfen an beiden Polen leicht erkenntlich. Dieselben vermögen sich sehr lange entwicklungsfähig im Wasser zu halten.

g) Die Eier von *Anchylostomum duodenale* (Fig. 26) sind 0,056 bis 0,063 mm lang, 0,036 bis 0,040 mm breit.



Fig. 24.
Ei von *Oxyuris*
vermicularis.



Fig. 25.
Ei von *Trichocephalus dispar*.
Nach Leunis.

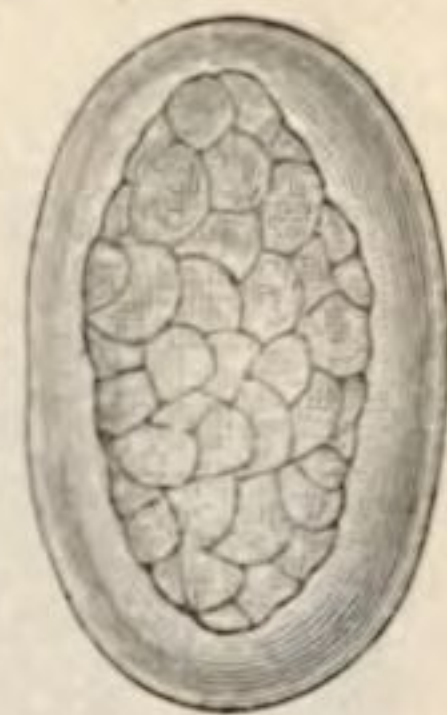


Fig. 26.
Ei von *Anchylostomum*
duodenale.

Der feinkörnige, bräunliche Dotter ist von einer zarten, einfachen Eihaut umschlossen. Das Ei entwickelt sich im Wasser nach einigen Tagen zu einer wurmförmigen Larve von 0,250 mm Länge, deren Kopfende dünner als der Leib und deren Schwanzende zugespitzt ist. Die Larven besitzen eine schnelle, schlängelnde Bewegung. Die ausgewachsenen Thiere siedeln sich im Dünndarm des Menschen an; sie saugen daselbst Blut und erzeugen hierdurch schwere Chlorosen.

h) Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Eier von *Distomum hepaticum* und *lanceolatum* sich im Wasser ebenfalls zu einem bewimperten, frei schwimmenden Embryo entwickeln. Es ist noch ein Zwischenwirth (kleinere Schnecken) erforderlich, ehe sich das Thier zur ursprünglichen Form wieder entwickelt, in der es in den Gallengängen, vornehmlich der Hausthiere, seltener des Menschen, lebt. Die Eier werden in den Gallengängen abgelegt und gelangen von hier durch den Darmkanal in das Freie.

B. Im Wasser lebende Organismen.

a) Thierische.

Die Anzahl der niedersten, im Wasser lebenden Thierformen ist eine äusserst vielfältige. Es ist hier nicht der Raum, eine ausführliche Schilderung derselben zu geben, es kann vielmehr nur auf die Hauptgruppen und deren Repräsentanten hingewiesen werden.

1. Die Rhizopoden, Wurzelfüssler.

Die Rhizopoden stellen Plasmaklumpchen dar, welche an ihrer Körperoberfläche Fortsätze (Scheinfüsse, Pseudopodien) tragen. Diese Gebilde sind Ausstülpungen des Körperplasmas, welche nach Belieben ausgestreckt und wieder eingezogen wer-

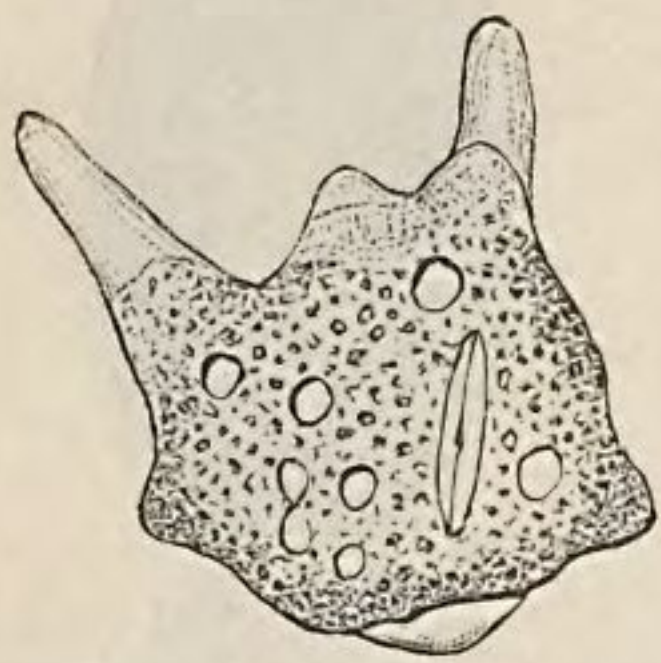


Fig. 27.

Amoeba princeps (300:1).

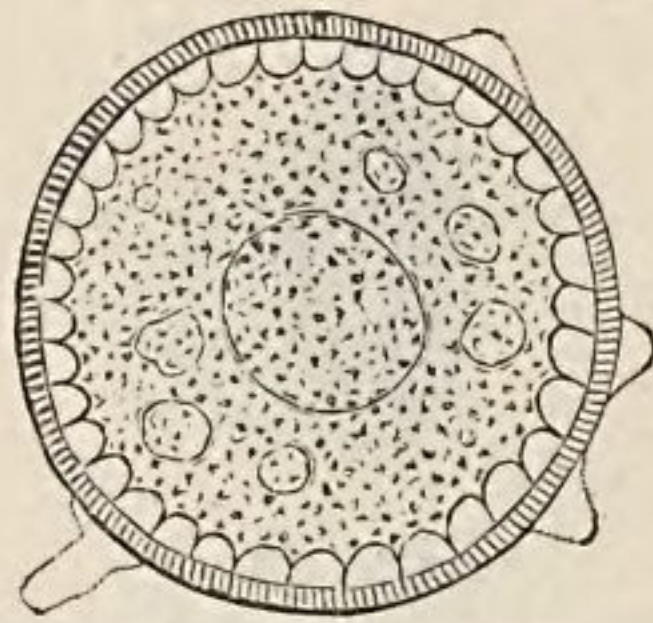


Fig. 28.

Arcella vulgaris (200:1).

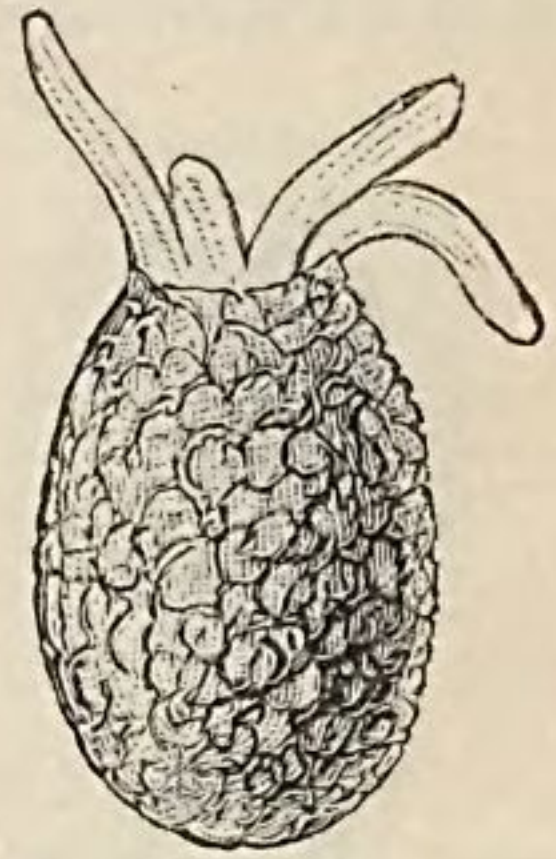


Fig. 29.

Diffugia oblonga (200:1).

Nach Eyferth.

den können; sie dienen theils als Fangarme zur Aufnahme der Nahrung, theils zur Bewegung des Thieres; in letzterem Falle findet förmlich ein Nachfliessen des Thierleibes in einen solchen Arm statt. Die einfachsten Formen dieser Gruppe sind nackt, wie die *Amoeba princeps* (Fig. 27), manche verdichten an der Oberfläche ihr Plasma zu einer Schaale, wie die *Arcella vulgaris* (Fig. 28), und wieder andere verschaffen sich einen Panzer, indem sie die ihnen zufällig anhaftenden Fremdkörperchen, wie Sandkörnchen, Diatomeenschaalen u. dergl. unter einander verkitten. Ein solcher Panzer kann bisweilen eiförmig und bis auf eine Oeffnung, welche zum Ausstrecken der Pseudopodien dient, geschlossen sein. Eine solche Form stellt beispielsweise die *Diffugia oblonga* (Fig. 29) dar.

Die Pseudopodien können die verschiedensten Gestalten besitzen; bald erscheinen sie in der Form eines Sackes, bald in

der von Lappen oder Fingern; sie können auch faden- oder netzförmig sein. Bei den Heliozoen sind solche Fäden formbeständig und sind strahlenförmig angeordnet; sie verleihen den Thierchen die schöne Gestalt, welche ihnen den bezeichnenden Namen „Sonnenthierchen“ eingetragen hat; ein zierlicher Repräsentant dieser Gattung ist *Actinophrys Eichhornii* (Fig. 30).

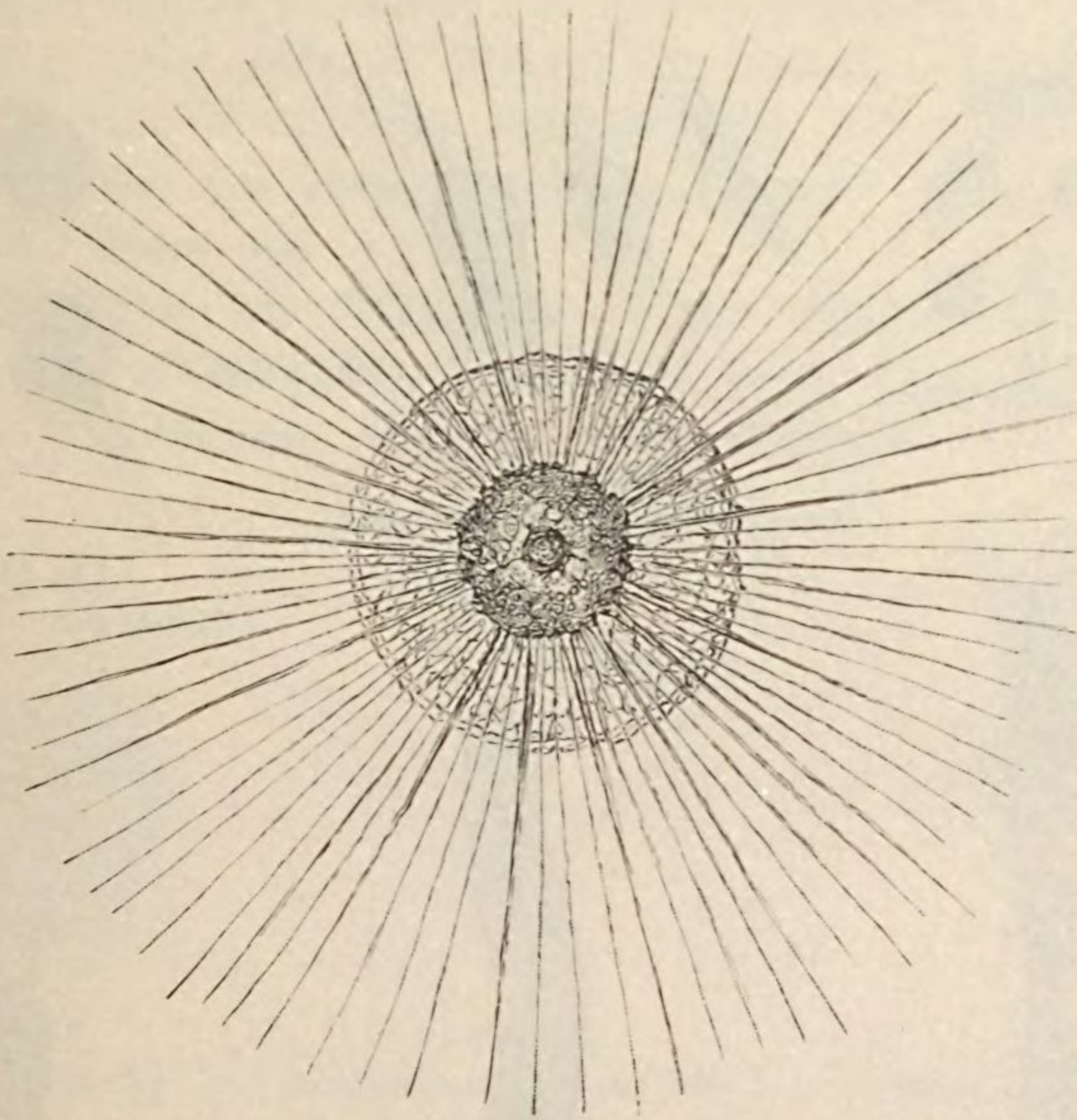


Fig. 30.

Actinophrys Eichhornii (300:1).*Nach Eyferth.*

2. Die Infusorien, Aufgussthierchen.

Die Infusorien besitzen einen Körper von farblosem, körnigem Parenchym, welches nach aussen in eine dichtere Rindenschicht, die Cuticula, übergeht. Im Körper des Thieres finden sich stets eine oder mehrere kontraktile Blasen mit einem oder mehreren Kernen. Die Körperoberfläche ist entweder mit einigen Geisselfäden, Saugröhren oder mit Wimpern besetzt; hiernach klassificirt man diese Thierchen in

Flagellatae,	Geisselinfusorien,
Acinetinae,	Acineten und
Ciliatae,	Wimperinfusorien.

Die Flagellatae besitzen einen oder mehrere längere Geisselfäden, durch deren Bewegung sie Ortsveränderungen ausführen oder die Nahrung in ihre Nähe bringen. Die einfachsten Formen sind die Monadinae, ovale, runde oder spindelförmige Gebilde, die am Ansatzpunkte der Hauptgeissel gewöhnlich eine Mundöffnung tragen, hinter welcher Blase und Kern liegen, wie

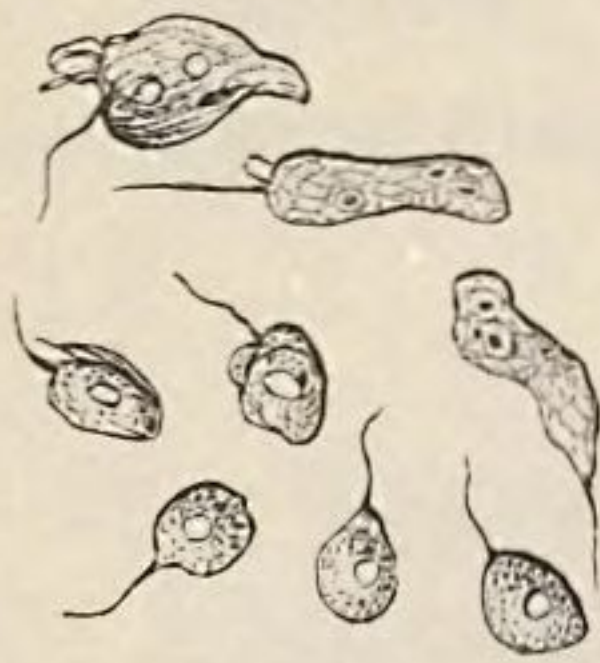


Fig. 31.
Cercomonas termo (300:1).

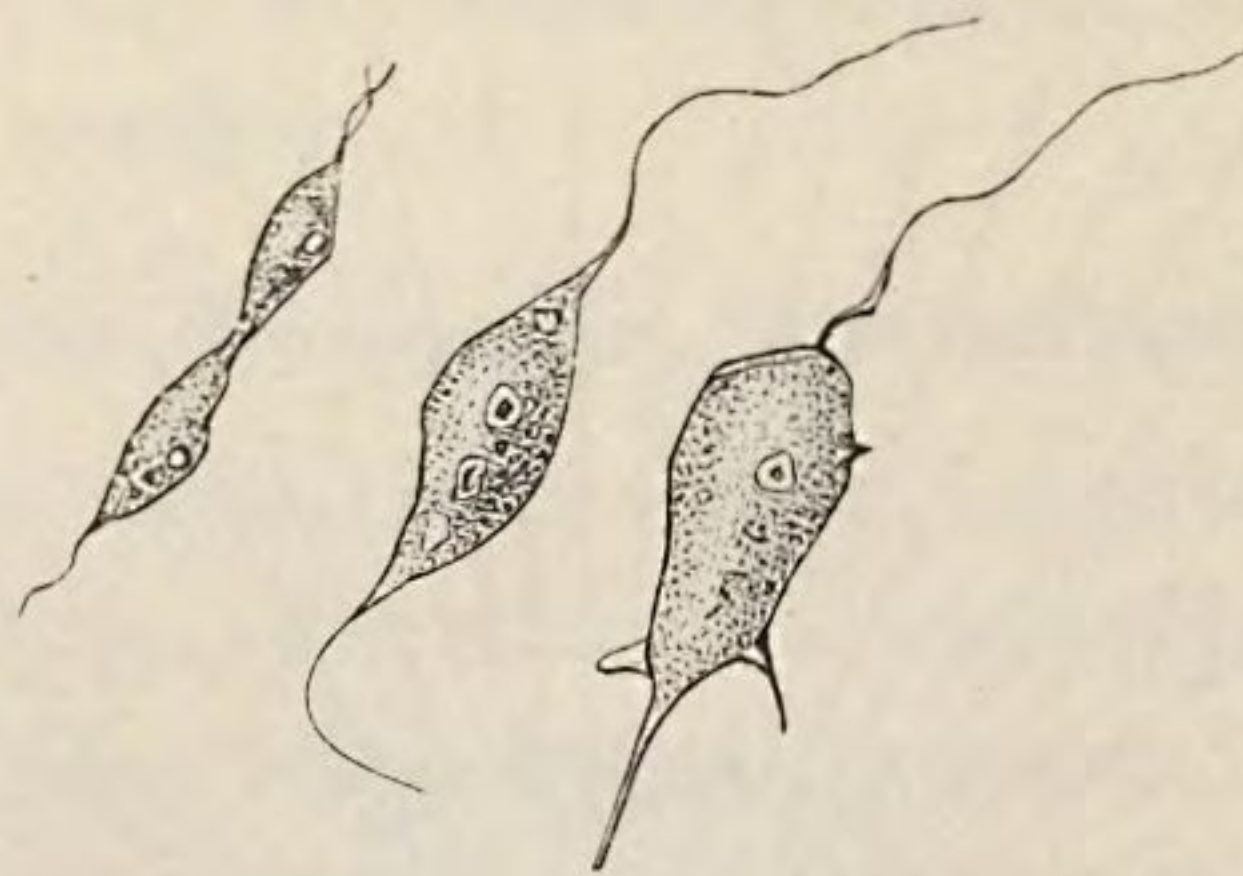


Fig. 32.
Cercomonas longicauda (300:1).

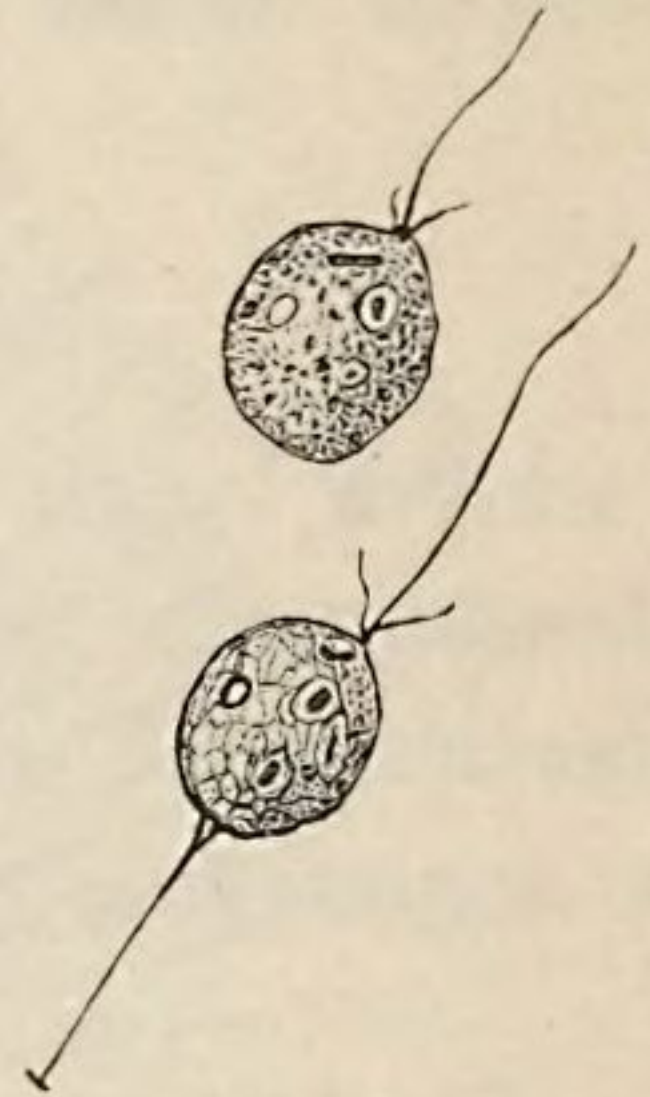


Fig. 33.
Monas guttula (300:1).

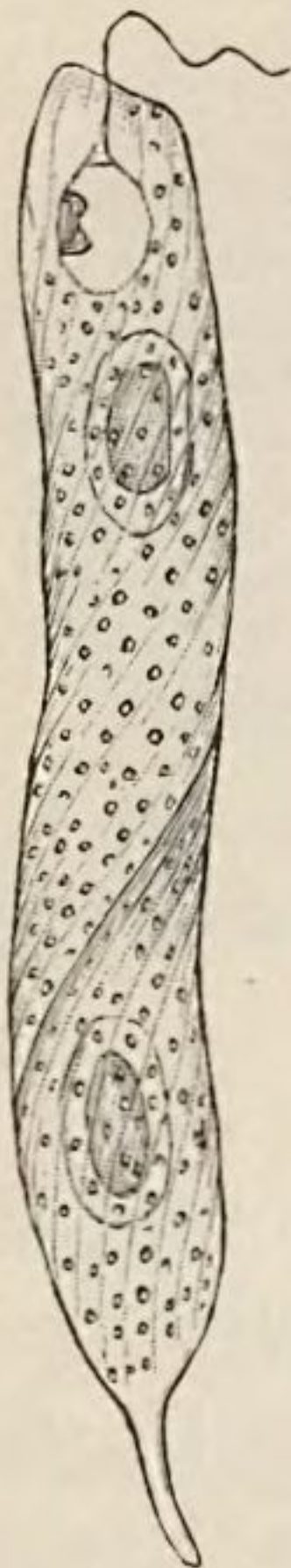


Fig. 34.
Euglena oxyuris (250:1).

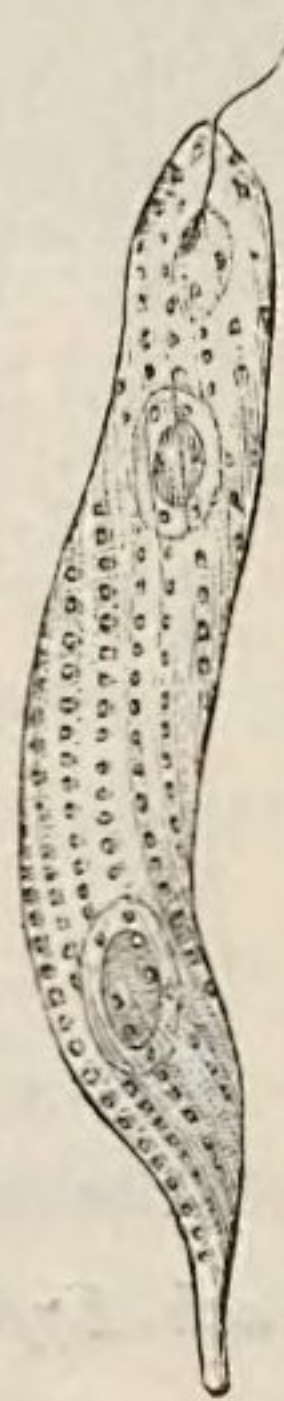


Fig. 35.
Euglena spirogyra (250:1).



Fig. 36
Euglena viridis (250:1).

Nach Eyferth.

Cercomonas termo (Fig. 31), *Cercomonas longicauda* (Fig. 32) und *Monas guttula* (Fig. 33), andere, die Euglenidae, haben einen spindelförmigen, an Fischgestalt erinnernden Leib, wie die *Euglena oxyuris* (Fig. 34), die *Euglena spirogyra* (Fig. 35) und die *Euglena viridis* (Fig. 36).

Die genannten Thierchen leben einzeln, andere vereinigen sich zu Verbänden (Kolonien) und werden dann entweder von einer schleimigen, gallertigen Hülle zusammengehalten, die

Volvocinae, oder es vereinigen sich einzelne Exemplare auf einem sich verästelnden Stiele, die Dendromonadinae. Als Beispiel der ersten Gattung sei *Pandorina morum* (Fig. 37) und der zweiten *Dendromonas virgaria* (Fig. 38) genannt.

Die Acinetinae sind mit langen, beweglichen Saugröhren (Tentakeln) ausgerüstet, an deren Enden sich Saugnäpfe befinden. Diese Apparate dienen zur Nahrungsaufnahme. Die Thiere sind wenig oder garnicht beweglich; manche sitzen auf einem Stiele auf, wie *Podophrya elongata* (Fig. 39). Mit den Tentakeln erfassen sie zufällig sich annähernde andere Infusorien und saugen diese aus.

Der Körper der Ciliatae ist mit Wimperhaaren besetzt, durch deren willkürliche Bewegung diese Thierchen Ortsveränderungen ausführen können. Die Wimpern sind von ver-

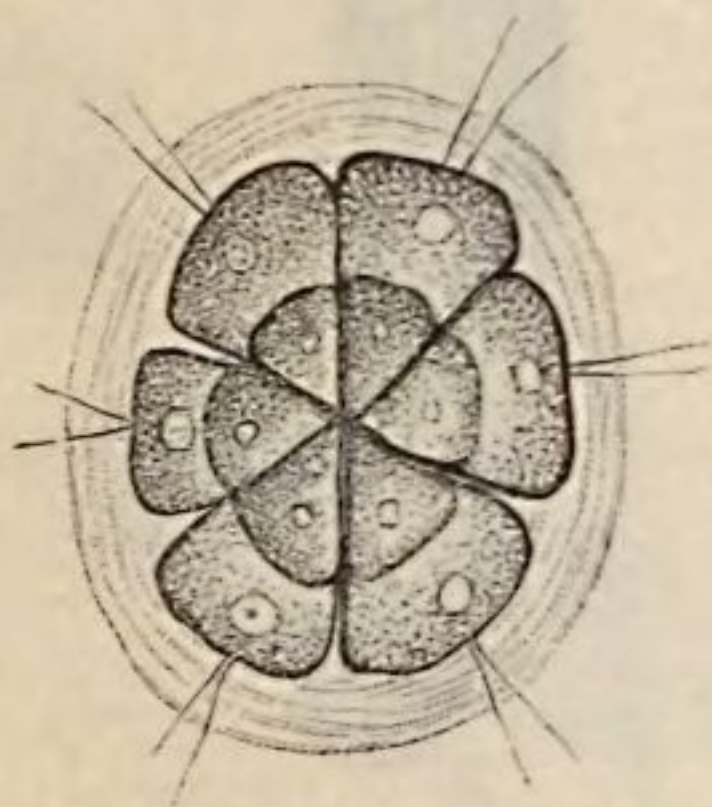


Fig. 37.

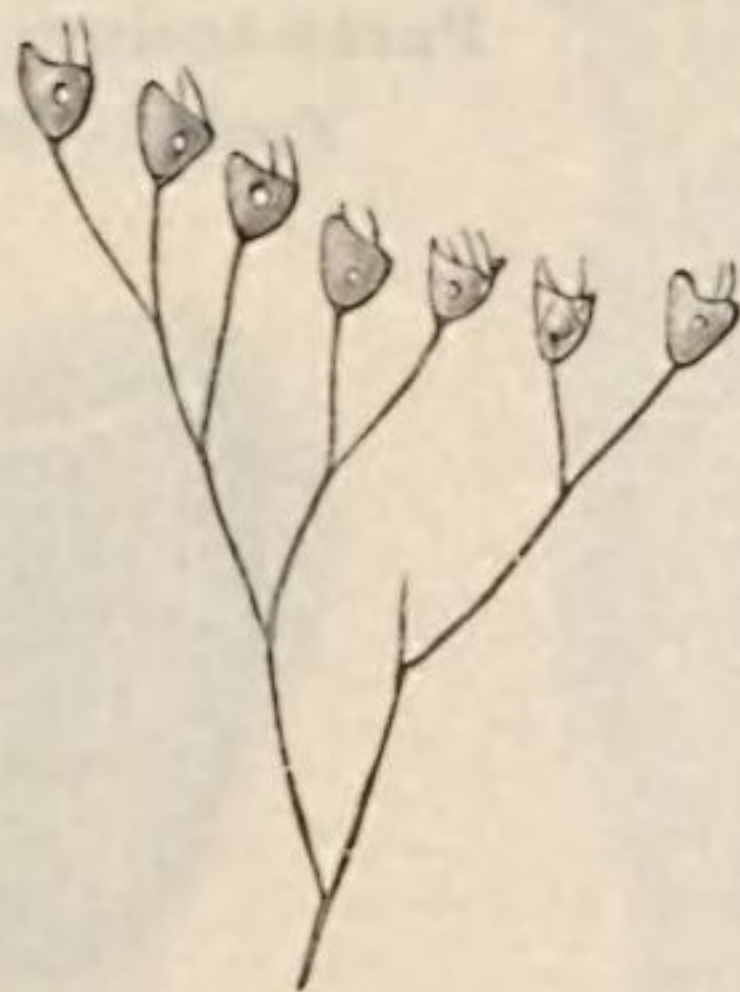


Fig. 38.

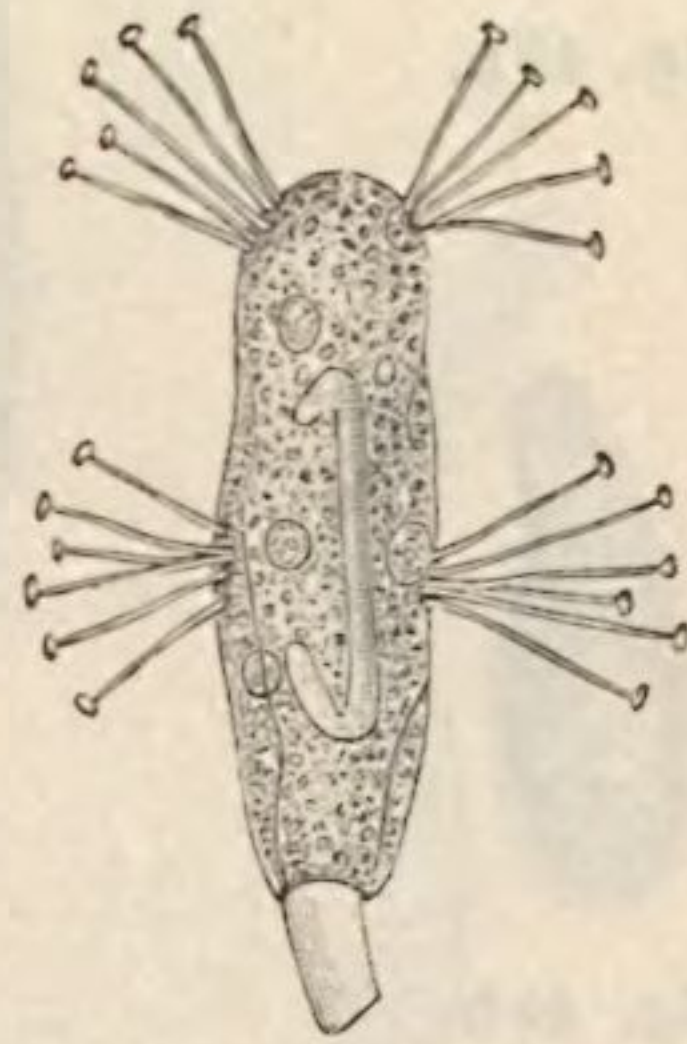


Fig. 39.

Pandorina morum (200:1). *Dendromonas virgaria* (500:1). *Podophrya elongata* (300:1).

Nach Eyferth.

schiedener Stärke; je nach ihrer Anordnung und Vertheilung über den Körper hat man die Ciliaten in verschiedene Gruppen eingetheilt. Man bezeichnet sie

1. als Holotricha, wenn die ganze Körperoberfläche mit gleichmässig feinen Wimpern besetzt ist,

2. als Heterotricha, wenn neben gleichmässiger Behaarung noch Wimpern anderer Form in bestimmter Anordnung auftreten,

3. als Hypotricha, wenn der Rücken nackt, dagegen die Bauchseite bewimpert ist,

4. als Peritricha, wenn sich Wimpern nur an einzelnen Stellen des Körpers in büschel- oder reihenförmiger Anordnung finden.

Als Beispiele für die Species Holotricha seien erwähnt *Phialina vermicularis* (Fig. 40 a und b), *Dileptus margaritifer* (Fig. 41),

Paramecium bursaria Focke (Fig. 42) erwähnt. Die Wimpern sind sehr kurz und äusserst fein; sie werden manchmal erst auf Zusatz von verdünnter Essigsäure oder Chromsäure sichtbar. — Ebenfalls mit einem sehr zarten Wimperkleid sind die *Heterotricha* versehen, dagegen fallen die am vorderen Körperende befindlichen grösseren und stärkeren Wimpern auf; bei *Stentor polymorphus* (Fig. 43 a und b), der überall in stagnirenden Wässern leicht aufzufinden ist, sind diese spiralig oder kreisförmig angeordnet.



Fig. 40 a.



Fig. 40 b.
Phialina
vermicularis
(150:1).

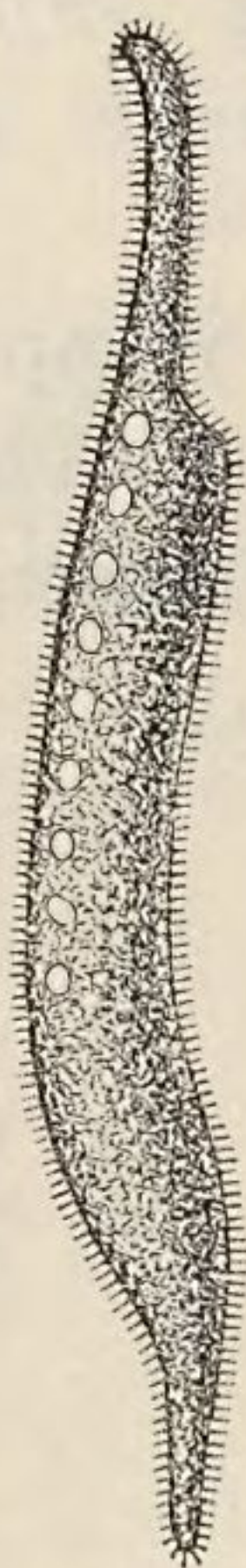


Fig. 41.
Dileptus margari-
tifer (150:1).

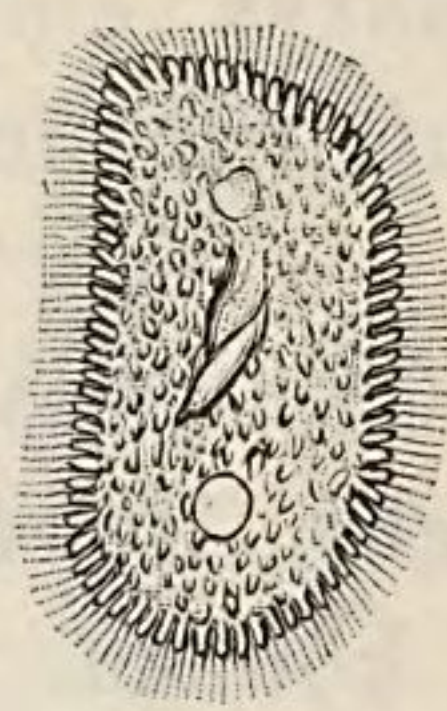


Fig. 42.
Paramecium bursaria
Focke (150:1).

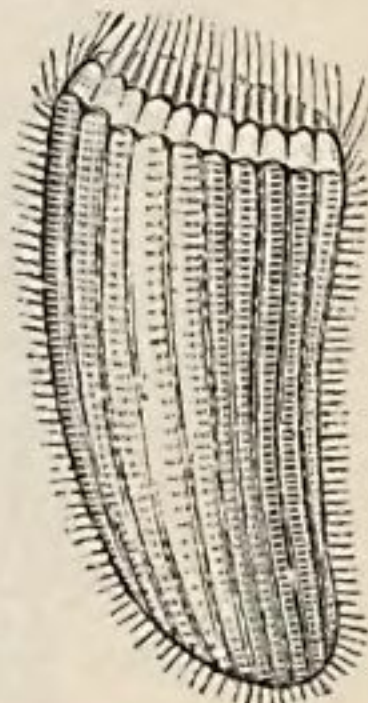


Fig. 43 a.
Stentor polymorphus (100:1).

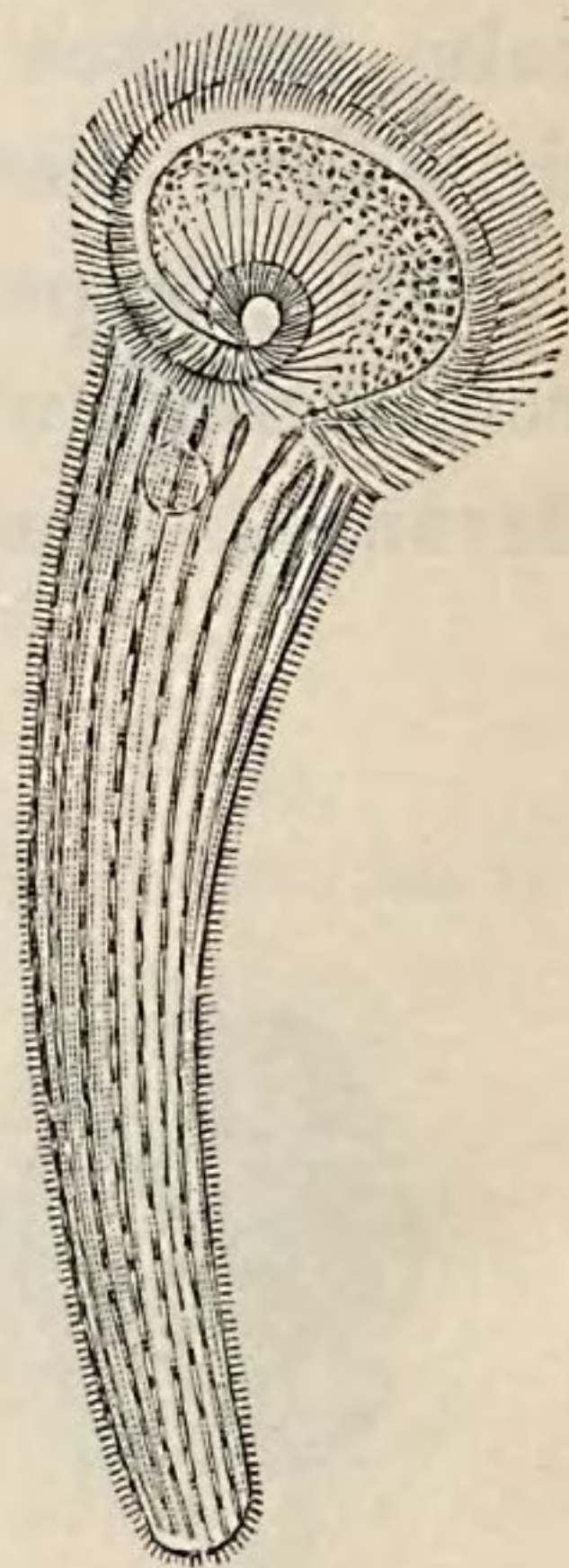


Fig. 43 b.

Nach Eyferth.

Charakteristisch für die *Hypotricha* ist, dass der Rücken konvex gewölbt und nackt ist, während die plane Bauchfläche Wimpern trägt und ab und zu mit warzenförmigen Anhängen besetzt ist, wie bei *Stylonichia pustulata* (Fig. 44).

Die *Peritricha* besitzen einen drehrunden Körper, an welchem die Wimperhaare in Form einer Spirale oder eines Kreises am Peristom sitzen. Eine sehr interessante und weit verbreitete Art derselben sind die *Vorticellae*. Diese hängen als birnförmige Körperchen auf einem Stiele, welcher spiralig zusammengezogen werden kann, meist in Kolonien lebend. Die Thiere besitzen die Fähigkeit, den Stiel zu verlassen und schwärmen dann frei umher. Als häufig in faulem Wasser vorkommend sei *Vorticella microstoma* (Fig. 45) erwähnt.

3. Die Rotatorien, Räderthierchen.

Der Körper der Rotatorien ist bilateral symmetrisch, meist schlauchförmig, und seine Oberfläche ist von einer durchsichtigen Chitinhülle, die Cuticula, bekleidet, welche durch ringförmige Falten den Körper in mehrere Segmente scheidet. Man kann Kopf, Rumpf und Fussende unterscheiden. Der Kopf trägt das bewimperte Räderorgan; seitlich von der Körperachse befindet sich der Mund, hinter welchem ein bewimperter und retraktiler Rüssel sich ansetzt. Charakteristisch ist der Kauapparat, zwei sogenannte Innenkiefer aus Chitin im Schlunde liegend, welche in stetiger Bewegung sind. In den Rumpf, den Brusttheil des



Fig. 44.

Stylonichia pustulata (200:1).

Nach Eyferth.

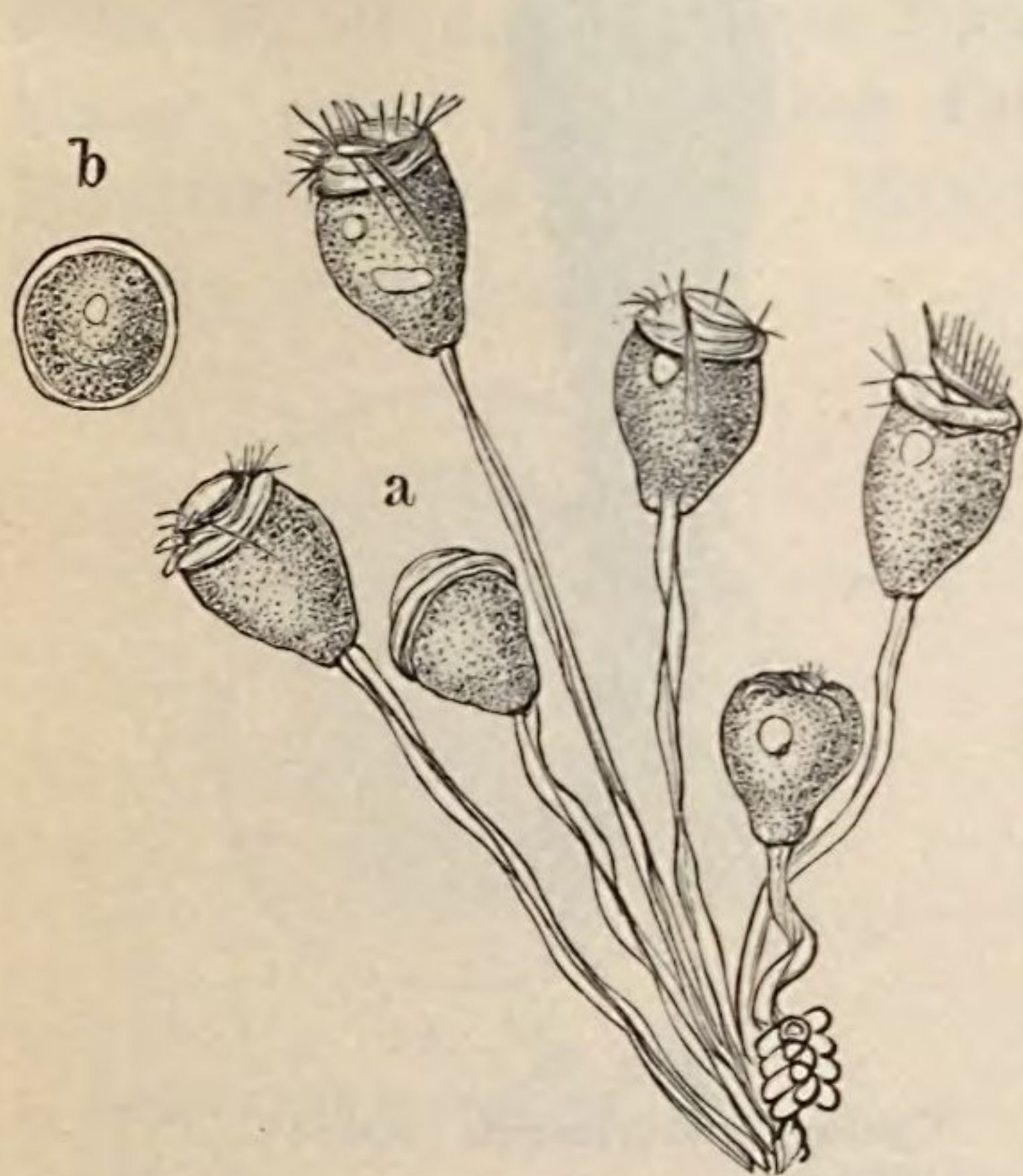


Fig. 45.

Vorticella microstoma (200:1).

Nach Eyferth.

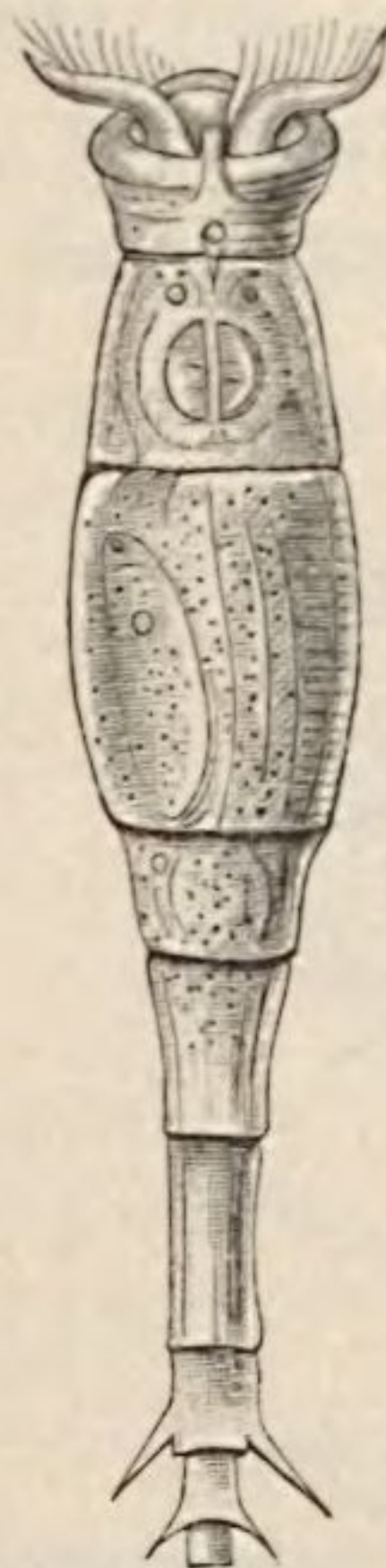


Fig. 46.

Rotifer vulgaris (230:1).

Nach Tiemann-Gaertner.



Fig. 47.

Anguillula aquatica.

Nach Rubner.

Thierchens, können Kopf und Fussende ganz oder zum Theil eingezogen werden. Das Fussende besitzt ein Greiforgan, entweder aus zwei getrennten Zehen bestehend, oder griffelförmig angeordnet. Die am häufigsten vorkommende Art ist der Rotifer vulgaris (Fig. 46).

4. Die Vermes, Würmer.

Die Natur der kleinsten, wurmartigen Thierchen, welche in dem Schlamme stark verunreinigter Gewässer vorkommen, ist

noch nicht genügend aufgeklärt. Es ist nicht ausgeschlossen, dass sie Entwicklungsstadien anderer Thiere, vielleicht von Eingeweidewürmern darstellen. Als Repräsentant dieser Gattung sei *Anguillula aquatica* (Fig. 47) angeführt.

5. Die Arthropoden, Gliederfüssler.

Die Arthropoden besitzen einen ringförmig, segmentirten Körper; die demselben anhaftenden Gliedmaassen weisen eine mehrfache Gliederung auf. Bei manchen ist eine Bauchganglien-



Fig. 48.
Bärthierchen (100:1).

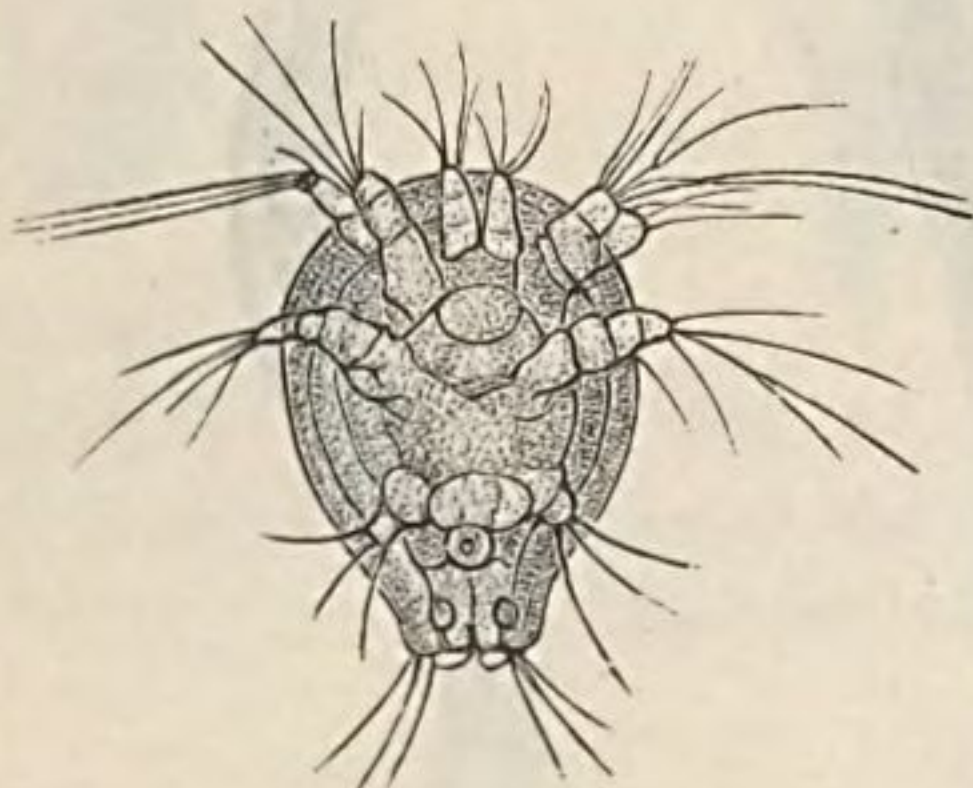


Fig. 49.
Wassermilben (100:1).

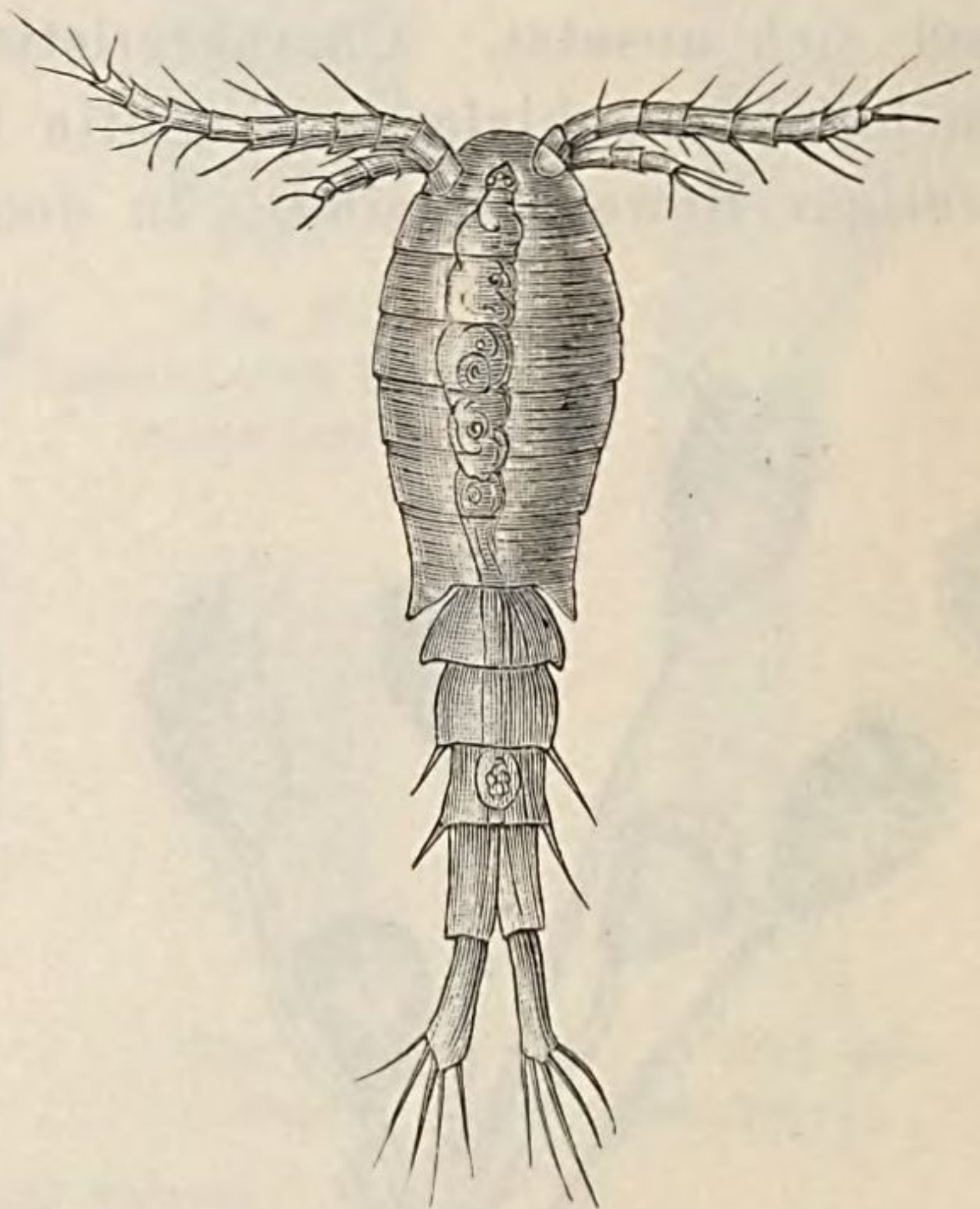


Fig. 50.
Cyclops quadricornis (100:1).

Nach Tiemann-Gaertner.

kette deutlich zu erkennen. In diese Familie sind einzureihen die Bärthierchen (Fig. 48), die Wassermilben (Fig. 49) und der in Schmutzwässern sehr häufige *Cyclops quadricornis* (Fig. 50).

b) Pflanzliche.

1. Die Algen.

Gegenüber den niederen pflanzlichen Gebilden, welche im Wasser vorkommen, unterscheiden sich die Algen durch den Chlorophyllgehalt. Das Chlorophyll spielt bei ihnen die gleiche Rolle wie bei den höheren Pflanzen; es befähigt die Algen, unter

dem Einfluss des Sonnenlichtes zu assimiliren, d. h. aus Kohlensäure, Wasser und Salzen organische Stoffe zu bilden, aus welchen ihr Körper aufgebaut ist. Für die hygienische Beurtheilung des Wassers ist ihre Anwesenheit von untergeordneter Bedeutung. Ihre Bestimmung und Ermittlung kann von Werth werden, wenn sie sich in solchen Massen ansammeln, dass sie als mechanisches Hinderniss auftreten, oder wenn sie bei eintretenden ungünstigen Wachstumsbedingungen zu faulen beginnen, wobei ihre Verwesungsprodukte eine Verschlechterung des Wassers herbeiführen.

Die Menge der im Wasser lebenden Arten ist eine äusserst zahlreiche und ebenso vielgestaltige. Nicht immer ist der grüne Farbstoff, das Chlorophyll, ein sicheres Erkennungszeichen; derselbe ist oft durch andere Farbstoffe von brauner, blauer, rother oder gelber Farbe verdeckt oder es bilden sich Mischfarben mit diesen. Man ist daher auf den Unterschied der Formen angewiesen.



Fig. 51.

Chrookokkus turgidus (260:1).

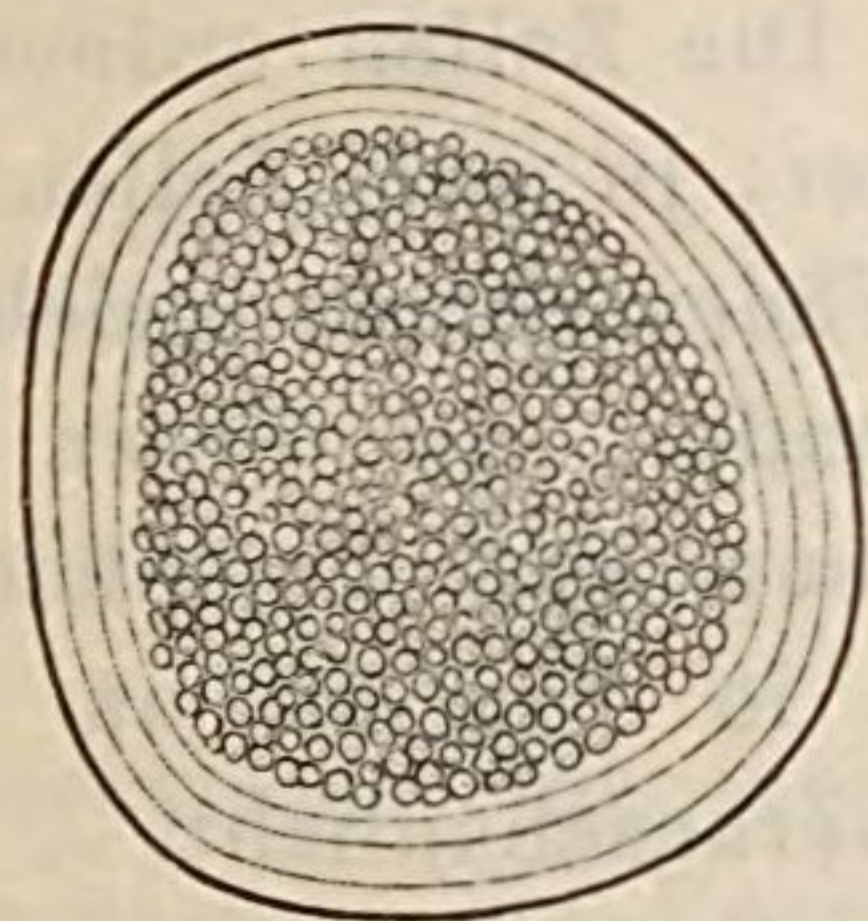
Nach Kirchner-Blochmann.

Fig. 52.

Mikrocystis marginata (260:1).

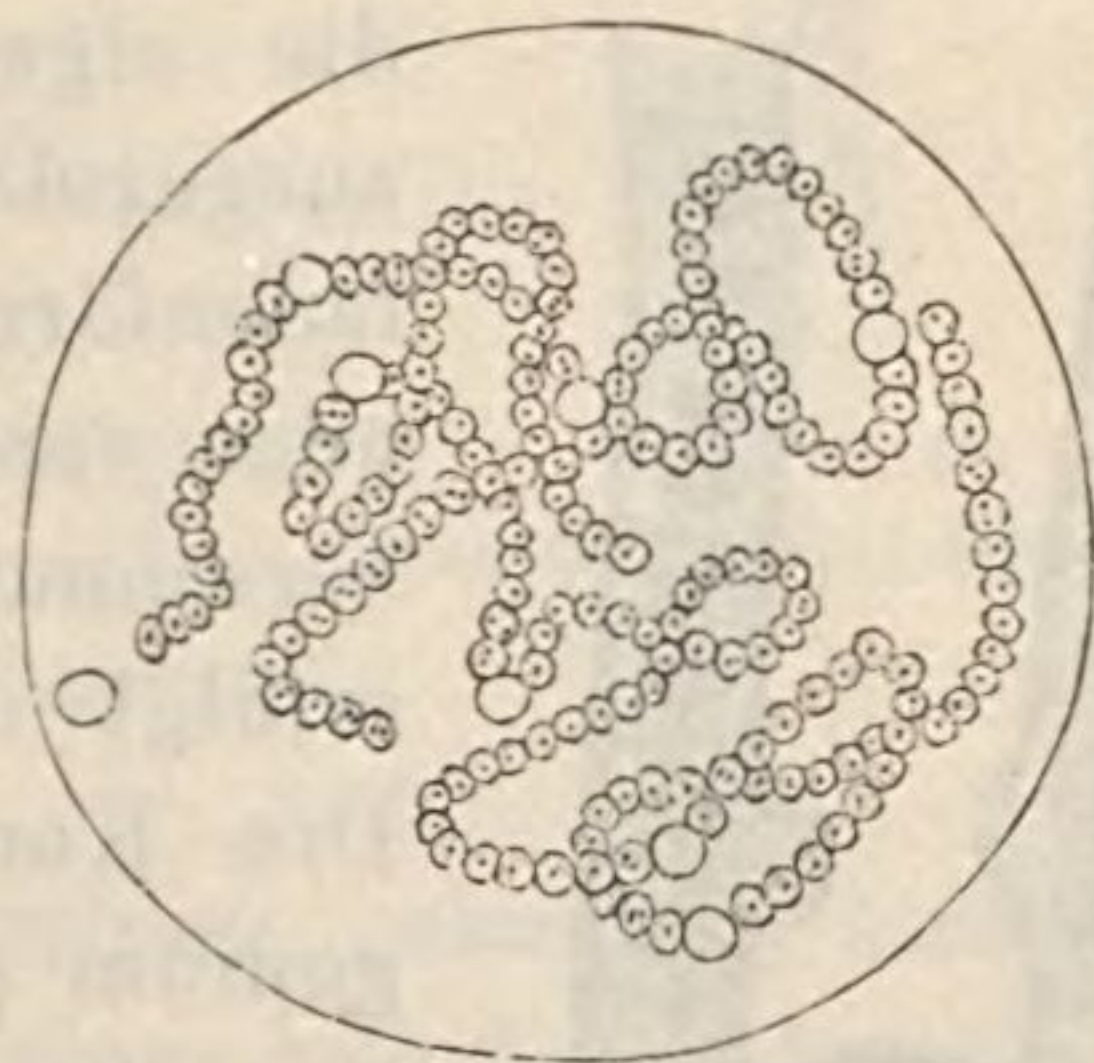


Fig. 53.

Nostoc sphaericum (260:1).

Nach Kirchner-Blochmann.

Die einfachsten Gebilde sind einzellig, welche entweder einzeln oder durch eine gallertige Hülle zu Familien verbunden vorkommen. So findet sich im Sumpfwasser nicht selten Chrookokkus turgidus (Fig. 51); die Zellen haben eine blaugrüne Färbung und sind mit einer dicken, farblosen Membran umgeben. Mikrocystis marginata (Fig. 52) ist in einer mehrfach geschichteten, farblosen Gallerthülle zusammengedrängt. Die Nostoc - Arten bilden Fädenreihen, wie Nostoc sphaericum Vauch (Fig. 53). Bei manchen Arten bilden die Fäden eine falsche Theilung.

Äusserst zierliche Gebilde sind die Diatomeen, ziemlich

häufige Wasserbewohner. Dieselben treten als einzelne Zellen oder in Ketten aneinander gereiht auf und besitzen eine Eigenbewegung. Ein charakteristisches Merkmal derselben besteht darin, dass ihre Zellmembran verkieselt ist. Vernichtet man das Plasma, durch Kochen oder Erhitzen, so lässt sich der Kieselsäurepanzer deutlich sichtbar machen, welcher gegen chemische Reagentien sehr widerstandsfähig ist. Die Anzahl ihrer Arten ist eine äusserst

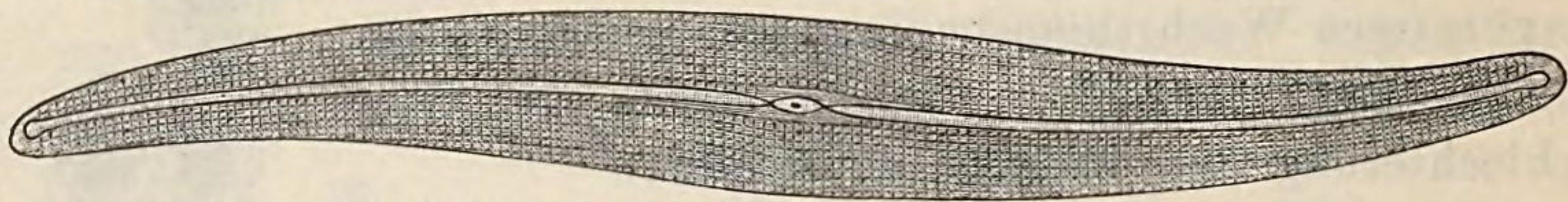


Fig. 54.
Pleurosigma attenuatum (300:1).
Nach Kirchner-Blochmann.

reichhaltige; es sei nur *Pleurosigma attenuatum* (Fig. 54) erwähnt, welches eine sehr schöne Querstreifung erkennen lässt. Die Erkennung dieser Algenart stösst auf keine besonderen Schwierigkeiten.

Die Konjugaten sind chlorophyllgrüne Algen, welche durch

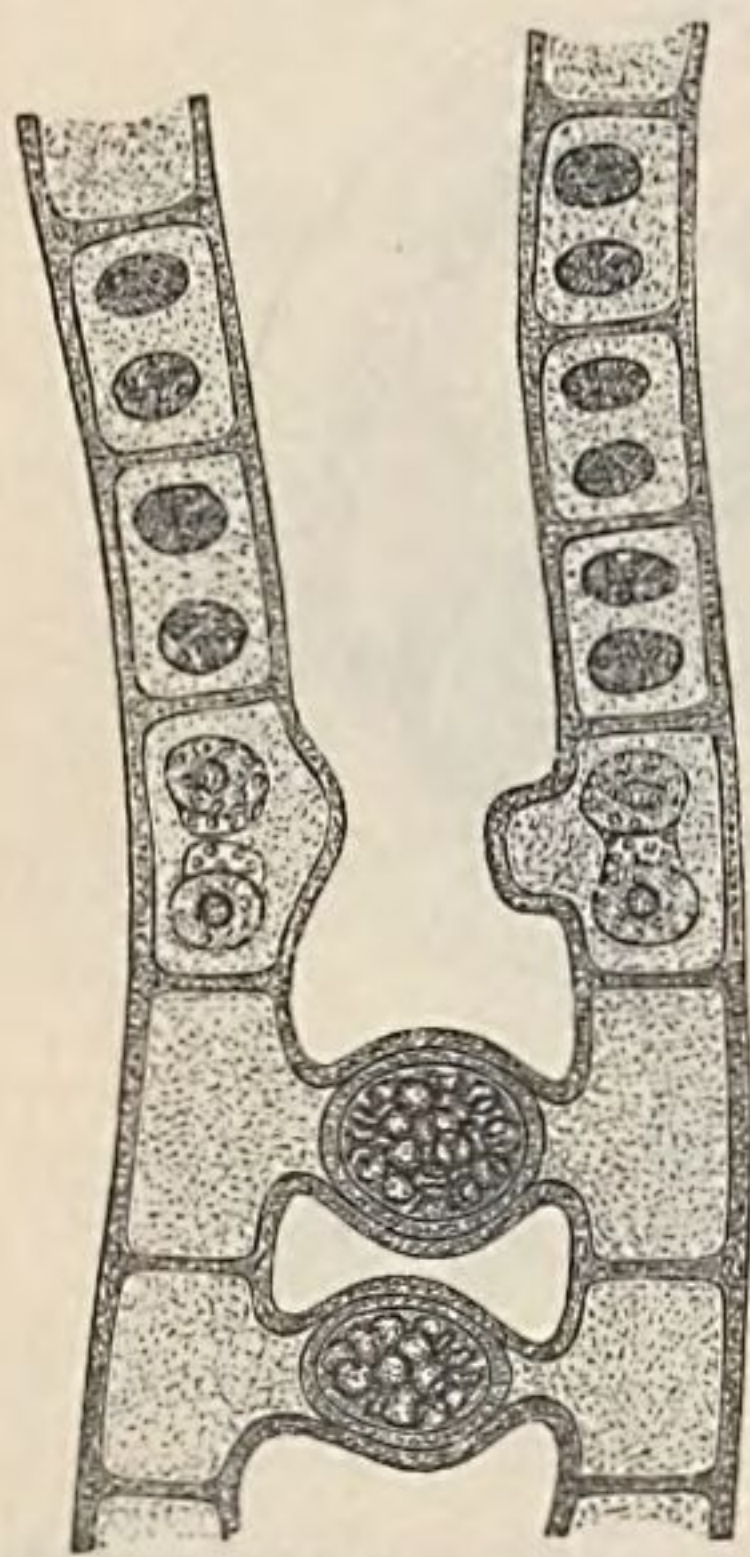


Fig. 55.
Zygonium pectinatum
(300:1).
Nach Kirchner-Blochmann.

die eigenthümliche Art ihrer Fortpflanzung ausgezeichnet sind. Die Zellen ordnen sich fadenförmig aneinander; je zwei Zellen eines oder verschiedener Fäden nähern sich und verschmelzen in einander. In dieser Weise erfolgt die Vermehrung und Fortpflanzung. Die Konjugation ist in Fig. 55 an *Zygonium pectinatum* veranschaulicht.

Ausser diesen einfacheren Gebilden begegnet man im Wasser noch einer grossen Zahl von Algenarten, welche bei deutlichem Chlorophyllgehalt einen Hauptstamm bilden, von welchem sich mehr oder minder lange Fäden abzweigen. Dieselben haften in stehenden und fliessenden Gewässern an verschiedenen Gegenständen an, mit ihren verschiedenen Wachstumsformen im Wasser flottirend. Für das hygienische Gebiet sind dieselben ohne weiteres Interesse.

2. Die Schimmelpilze.

Die Schimmelpilze bilden eine zufällige Verunreinigung des Wassers. Als eigentliche Wasserbewohner sind dieselben nicht

zu betrachten; denn eine Fruktifikation derselben wurde in diesem Medium bisher noch nicht beobachtet; sie bilden vielmehr nur eigenthümliche Mycelformen, welche die Bestimmung der Arten sehr erschweren. Mit grosser Leichtigkeit gelingt es jedoch, die häufigsten vorkommenden Formen durch die Kultur zu erkennen. Bei den später erwähnten Methoden der Bakterienzüchtung bieten sich günstige Nähr- und Wachstums-Bedingungen (namentlich auf Nährgelatine), unter welchen die Schimmelarten zur Fruktifikation kommen. An ihren Fruchträgern ist eine Unterscheidung nicht schwierig. Am häufigsten sind *Mucor*, *Aspergillus* und *Penicillium*. Auf der Plattenkultur (vergl. S. 128) bilden die Schimmel sammetartige, über die Oberfläche hinausragende Rasen von verschiedener Färbung, welche bei schwacher

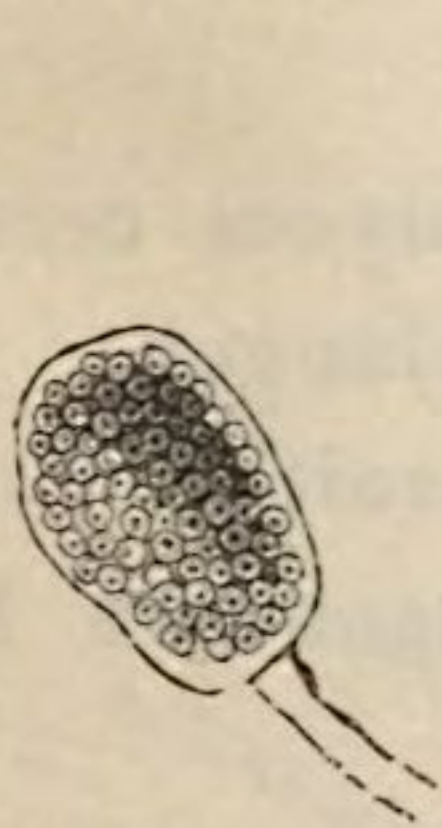


Fig. 56.
Fruchträger von *Mucor*
(500:1).

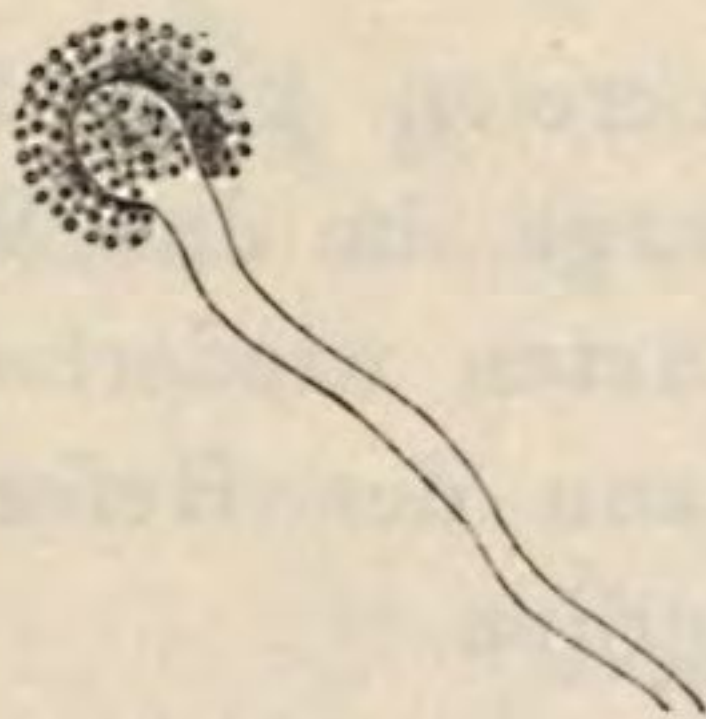


Fig. 57.
Fruchträger von *Aspergillus*
(300:1).



Fig. 58.
Fruchtr. v. *Penicillium* (500:1).

Nach Tiemann-Gaertner.

Vergrösserung eine vielfache Verästelung erkennen lassen. Bei *Mucor* besteht der Fruchträger aus einer kugeligen Anschwellung, auf welcher die von einer feinen Membran umschlossenen Sporen aufliegen (Fig. 56), dagegen bildet *Aspergillus* ein kolbenförmiges Conidium, auf welchem radiär angeordnete Basidien sitzen; von letzteren schnüren sich die Sporen ab (Fig. 57). Gegenüber diesen beiden Gattungen zeichnet sich *Penicillium* durch eine Verzweigung des Fruchträgers aus, an dessen Enden die Sporen kettenförmig angeordnet sind (Fig. 58).

3. Die Hefepilze.

Ebenfalls auf der Gelatinekultur sind leicht zu erkennen die Hefen; die Kulturen zeichnen sich durch ein grobkörniges Gefüge und durch deutliche Faltenbildung aus, welche bei schwacher Vergrösserung sichtbar ist; manche Arten bilden einen

weissen, rosa oder anderen Farbstoff. Das Einzelindividuum der verschiedenen Arten stellt eine runde oder ovale Zelle dar, welche sich durch Sprossung fortpflanzt. Man sieht an der Mutterzelle eine kleine Knospe auskeimen, welche zur Grösse derselben heranwächst, um sich dann in gleicher Weise weiter zu vermehren. Oft bleiben die Zellen in kleinen Verbänden aneinander hängen.



Fig. 59.

Saccharomyces cerevisiae (300:1).

Nach Eyferth.

Durch Abwässer aus Brauereien kann *Saccharomyces cerevisiae* (Fig. 59) in grösserer Menge in das Wasser gelangen; jedoch finden sich auch andere Arten wiederholt vereinzelt. Vom hygienischen Standpunkte kann den Hefen eine besondere Bedeutung nicht beigemessen werden.

4. Die Fadenbakterien.

Diese Organismen sind fadenförmige, gegliederte Gebilde, welche sich von den Algen durch den Mangel an Chlorophyll unterscheiden; die Einlagerung von kleinen Körnchen täuscht oft einen Farbstoff vor, welcher eine Differenzirung sehr erschwert. Gegenüber den eigentlichen Bakterien weisen dieselben immer nur ein einseitiges Wachsthum auf (Spitzenwachsthum); es findet Zelltheilung nur nach einer Richtung hin statt, in welcher die Fäden immer mehr an Durchmesser abnehmen, während die Schizomyceten bei gleichbleibendem Querdurchmesser die Theilung nach beiden Richtungen hin vollziehen.

Es kommen namentlich in Betracht:

a) die Beggiatoen. Günstige Entwicklungsbedingungen für dieselben bilden Wässer, welche reich an organischen Verbindungen sind, wie z. B. die Abwässer aus Zuckerfabriken, oder schwefelhaltiges Wasser. Diese Organismen besitzen die Fähigkeit, Schwefel in Form von kleinen Körnchen in sich abzulagern; durch ihr Absterben findet eine Zersetzung desselben unter Bildung von Schwefelwasserstoff statt. Hierdurch sowie

durch ihre massenhafte Vermehrung vermögen sie eine beträchtliche Verunreinigung hervorzurufen. Die gewöhnlichste Art ist *Beggiatoa alba* (Fig. 60).

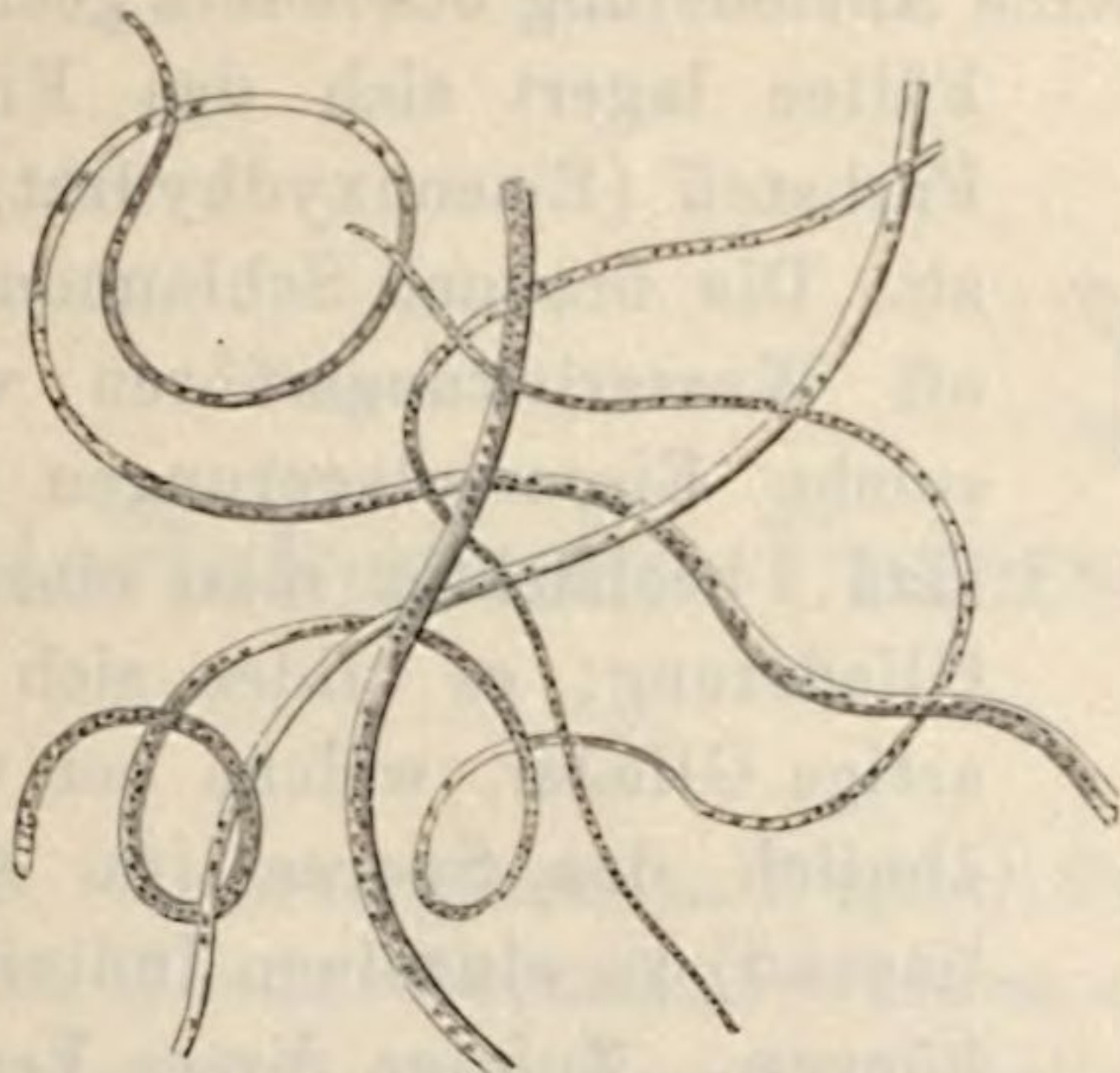


Fig. 60.
Beggiatoa alba (500:1).

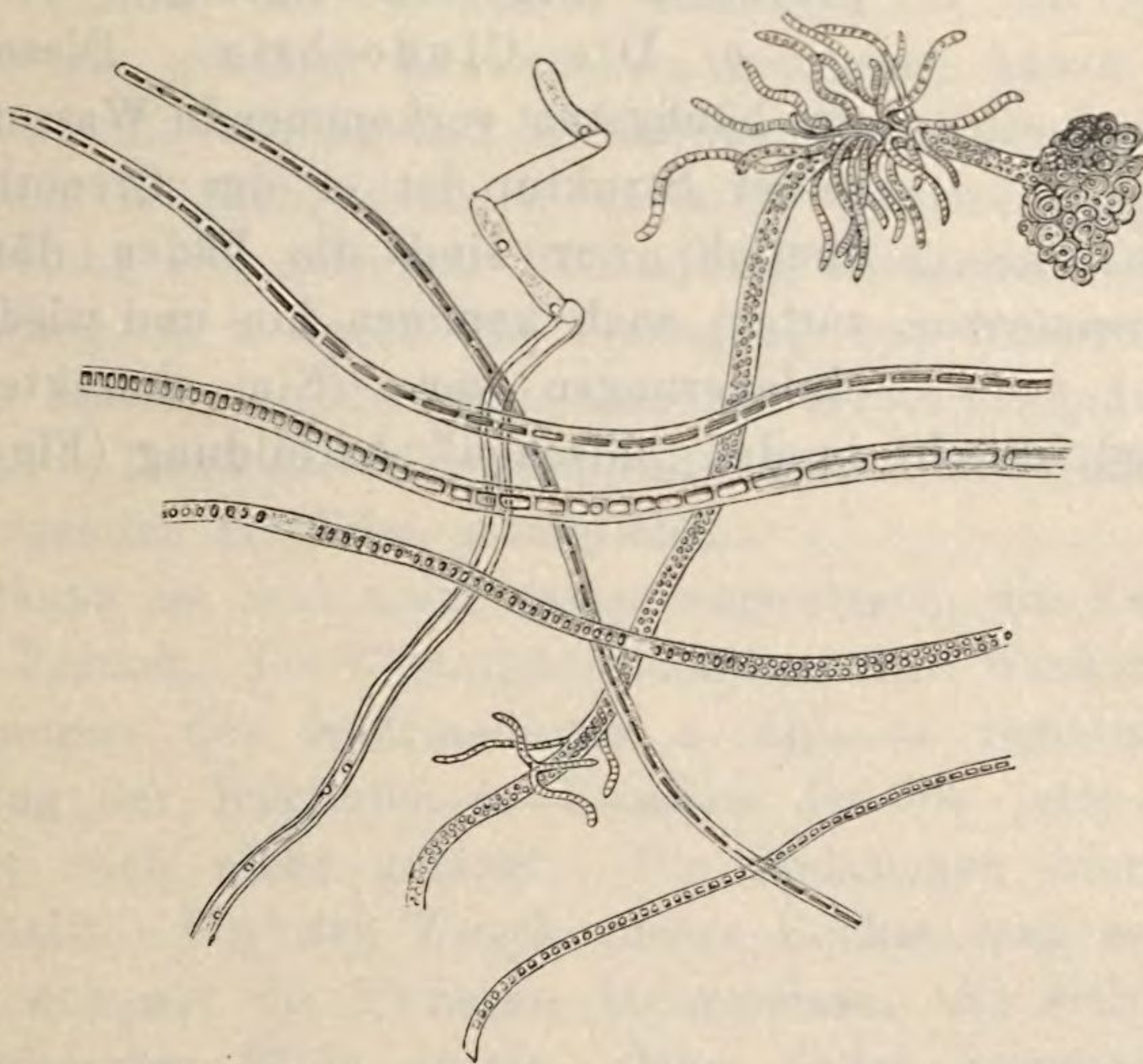


Fig. 61.
Crenothrix polyspora (500:1).
Nach Tiemann-Gaertner.

b) Die *Crenothrix*. Dieser Organismus findet eine so massenhafte Ausbreitung, dass er im Wasser Trübungen, ja sogar starke Schlammbildungen hervorrufen kann; er kann noch

in beträchtlichen Tiefen sich im Boden wachsthumsfähig erhalten und tritt von hier aus in sonst gute Brunnenwässer über.

Namentlich solche, welche einen gewissen Eisengehalt aufweisen, sind für seine Ansiedelung besonders geeignet. In solchen Fällen lagert sich das Eisen als brauner Farbstoff (Eisenoxydhydrat) in den Fäden ab. Die braunen Schlamm Massen verstopfen oft Wasserleitungsröhren vollständig. Wo solche Eiseneinlagerungen nicht vorhanden sind, beobachtet man eine sehr zahlreiche Gliederung; es bilden sich kurze, scheibenartige Glieder, welche bei weiterer Theilung ähnlich den Sporen (in einer Gallerthülle liegend) zu einzelnen Individuen auswachsen können. Zufolge dieses Verhaltens hat man diesem Organismus den Namen *Crenothrix polyspora* (Fig. 61) beigelegt.

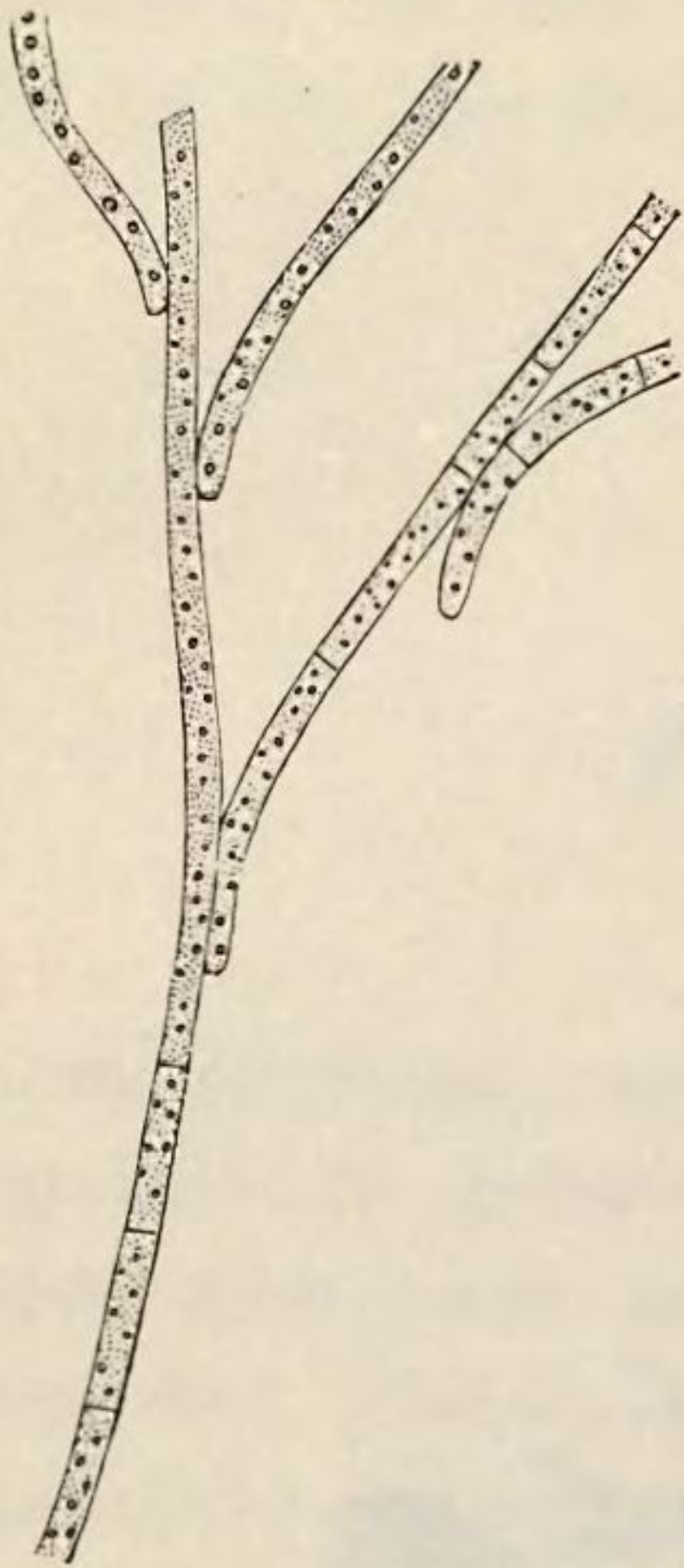


Fig. 62.

Clathrodrixfäden (500:1).

Nach Tiemann-Gaertner.

c) Die *Cladothrix*. Diese ist der am häufigsten vorkommende Wasserpilz. In seiner Struktur ist er der *Crenothrix* sehr ähnlich, nur sind die Fäden dünner und zarter; auch kommen hin und wieder Eiseneinlagerungen vor. Ein charakteristischer Unterschied besteht in der „falschen“ Astbildung (Fig. 62).

V. Bakteriologische Untersuchung.

Wenn gleich im vorhergehenden Kapitel die niederen pflanzlichen Gebilde des Wassers behandelt worden sind, so erscheint es doch angezeigt, den einfachsten Formen derselben, den Bakterien, ein eigenes Kapitel zu widmen, zumal da dieselben in den letzten beiden Decennien ein besonderes Interesse für die Aufklärung der Aetiologie gewisser Krankheiten gewonnen haben. Weiterhin ist deren Erkennung und Bestimmung nicht durch das Mikroskop allein möglich, sondern es sind gewisse Maassnahmen nöthig, welche eine getrennte Behandlung erheischen. Nur durch die Züchtung, d. h. durch die Erzeugung von Massenverbänden derselben, lassen sich Merkmale einzelner Arten ausfindig machen, welche an der Hand des mikroskopischen Bildes eine Charakteristik des vorliegenden Gebildes ermöglichen.

Vorläufig ist man noch darauf angewiesen, die Verschiedenheit der Formen, die Eigenthümlichkeiten des Wachstums, die Veränderungen des Nährmediums u. dgl. zu registriren. Die Eintheilung der Bakterien in Familien ist bis jetzt zu einem Abschluss noch nicht gelangt. Die Meinungen hierüber sind noch getheilt. Für den Zweck dieses Buches mag es genügen, vorläufig nur auf die Formen hinzuweisen, wie sich dieselben im vergrösserten Bilde zeigen. Man findet kugelige Gebilde, die Mikrokokken, welche man je nach ihrer Zusammenlagerung als Staphylokokken bezeichnet, wenn dieselben als traubenförmige Häufchen erscheinen, oder als Streptokokken, wenn die Aneinanderreihung in Fadenform sich zeigt. Die letztere Art ist im Wasser die seltenere. Einen Uebergang zu den Bacillen, der Stäbchenform, müssen wir in den sogenannten ovalen Kokken ansehen.

Bei diesen ist der Querdurchmesser kürzer als der Längsdurchmesser, immerhin ist jedoch die cirkuläre Form in ihrer Randlinie vorherrschend, sie erscheinen als Ellipsen.

Einer andern Gestalt begegnen wir in der Stäbchenform, den eigentlichen Bacillen. Der Unterschied der Durchmesser hat diesen Gebilden den Namen gegeben. Nicht immer wird es möglich sein, eine bestimmte Angabe zu machen, ob solche Gebilde als ovale Kokken oder als Stäbchen zu betrachten sind, da auch letztere mitunter abgerundete Enden aufweisen. Hier können nur eingehende Beobachtungen bei der Züchtung entscheiden. Anderseits wird der Längendurchmesser, die kantige oder eckige Bildung der Enden die Diagnose erleichtern. Nicht immer sind die Längsseiten der Stäbchen von geraden Linien begrenzt, sie sind auch manchmal schwach bogenförmig gekrümmt. Diese Formen bilden den Uebergang zu den Vibrionen. Sie treten entweder als einzelne bogenförmige Gebilde auf, oder sie reihen sich mit ihren Enden aneinander, schraubenförmige Verbände bildend. Schliesslich ist noch diejenige Schraubenform zu erwähnen, welche eine Zusammensetzung aus einzelnen Theilen nicht erkennen lässt, sondern als ein ganzes Individuum erscheint, die Spirillen.

Der Körper der Bakterien besteht aus Protoplasma, das mit einer äusserst zarten Zellhaut überzogen ist. Nicht immer ist letztere ohne Vorbehandlung sichtbar, wenigstens lassen sich hierdurch Unterschiede in der Beschaffenheit des Plasmas feststellen. Die Fortpflanzung erfolgt entweder durch einfache Zelltheilung, oder durch Sporenbildung, d. h. Dauerformen, durch welche sie auch unter ungünstigeren Lebensbedingungen entwicklungsfähig erhalten werden können. Nicht bei allen Bakterien-Arten ist die Bildung von wirklichen Sporen beobachtet; wo dies der Fall ist, tritt im Innern des Zelleibes, entweder in der Mitte oder an einem der Enden, eine Aenderung seines Protoplasmas auf, welche sich durch die Bildung eines stark lichtbrechenden runden oder ovalen Körperchens kenntlich macht. Dieses unterscheidet sich durch Unterschiede in physikalischer oder chemischer Hinsicht von dem ursprünglichen Zellinhalte, indem es sich widerstandsfähiger gegen hohe Temperaturen erweist, oder sich bei den später zu erwähnenden Färbemethoden anders verhält.

Die Herkunft der Bakterien.

Von den verschiedenen Wasserarten, welche zum menschlichen Genuss und Gebrauch verwendet werden, hat sich das als Quellwasser zu Tage tretende Grundwasser wohl von jeher eines besonderen Vorzuges erfreut und zwar in Folge seiner schon äusserlich auffallenden Reinheit. Und doch ist dieses Wasser nicht ganz von der Möglichkeit einer Verunreinigung durch Bakterien freizusprechen. Allerdings sind es nur Ausnahmen von der Regel, welche eine Besprechung des Grundwassers nach dieser Hinsicht erheischen; leider ist eine solche um so mehr geboten, als nach später darzulegenden Umständen vielenorts die Ausnahmen häufiger sind als die Regel. Vergewärtigen wir uns die Entstehung des Grundwassers, so ist für den grössten Antheil desselben, für den aus dem Niederschlagswasser entstandenen, Keimfreiheit im Voraus anzunehmen. Die filtrirende Eigenschaft des Bodens ist es, welche diese Behauptung rechtfertigt. Diese kommt nicht nur zur Geltung bei den feinsporigen Bodenarten, deren Kanäle ein kapillares Gepräge an sich tragen, sondern auch bei grossporigen, indem sich hier die Natur eines zweckentsprechenden Mittels bedient hat, das den gleichen Erfolg nach einer gewissen Zeit sichert. Die Fähigkeit der Bakterien, den Boden zu durchwandern, ist durch zahlreiche Untersuchungen geprüft worden, und es hat sich ergeben, dass dieselben nur wenige Meter in die Tiefe vordringen können. Eine solche Beobachtung kann nur auf eine äusserst wirksame Filtration zurückgeführt werden, die in dem Vorhandensein kapillarer Gänge im Boden, in deren Beschaffenheit und Krümmung ihre Erklärung findet. Insofern die Dichtigkeit dieses Filters durch physikalische Verhältnisse primär nicht bedingt ist, wird sie in kurzer Zeit geschaffen, indem das Niederschlagswasser eine Menge feinsten Stoffe von der Erdoberfläche abschwemmt, welche bei dessen Versickerung zur Verlegung grösserer Porenräume dienen. Auf diese Weise erwirbt sich auch ein grossporiger Boden nach und nach die Eigenschaften eines feinsporigen, indem er sich gewissermaassen mit einer filtrirenden Schicht überzieht.

Es kommt noch ein Umstand hinzu, welcher die Entwicklungsfähigkeit der Bakterien mit zunehmender Tiefe ungünstig

gestaltet. Ungelöste, leblose organische Massen werden ebenfalls durch den Filtrationsvorgang frühzeitig abgeschieden und damit Nährmaterial den Bakterien entzogen, während andererseits die erhöhte Thätigkeit derselben die gelösten organischen Stoffe aufbraucht, ehe dieselben in eine gewisse Tiefe gelangen können. Wenn schon diese Verluste ungünstig auf die Entwicklung von Bakterien einwirken, so sind es umsomehr die relativ niederen Bodentemperaturen, die Abnahme von Sauerstoff und die Vermehrung der Kohlensäure gegenüber der äusseren Atmosphäre, welche eine gedeihliche Entfaltung ihrer Lebensthätigkeiten verhindern.

Die Ursachen, dass das Grundwasser trotzdem nicht immer frei von Bakterien befunden wird, liegen in einer anderen Richtung. Nicht immer ist die Länge des Weges, welchen dasselbe in die Tiefe zurücklegt, derart bemessen, dass eine vollständige Abscheidung der Bakterien stattfindet. Wenn beispielsweise die undurchlässige Bodenschicht sehr oberflächlich gelegen ist, so bewegt sich der Grundwasserstrom in der Zone der Bakterienthätigkeit und nimmt, namentlich bei stärkerem Gefälle, eine Anzahl der Keime mit sich fort, wie dies bei manchen Flachquellen der Fall ist. Seichte Brunnen sind in dieser Hinsicht immer als verdächtig zu betrachten, wenn dieselben bei nachgewiesener Bodenverunreinigung ein an Keimen reiches Wasser liefern.

Eine andere Art der Uebertragung von Bakterien ist dadurch gegeben, dass Undichtigkeiten des Bodenfilters durch äussere Ursachen eintreten; Erdarbeiten rücken oft sehr nahe an die Zone des Grundwassers heran oder legen diese sogar für längere Zeit bloß; hin und wieder stellen auch die Gänge verschiedener im Boden wohnender Thiere eine direkte Kommunikation zwischen Erdoberfläche und Grundwasser her. Das Niederschlagswasser wird unter solchen Verhältnissen denjenigen Weg einschlagen, welcher ihm den geringsten Widerstand bietet, und geht hierdurch jeglicher Filtration und Reinigung verlustig.

Wohl die häufigste Verunreinigung erfährt das Grundwasser an denjenigen Stellen, an welchen es angezapft wird, durch ungeeignete Anlage und Behandlung von Brunnen. Die schlechte Fassung einer Quelle kann das beste Wasser zu einem gesundheitsschädlichen und gefährlichen umgestalten, insofern sie den Zutritt von Unrath von aussen her ermöglicht. Es ist nahe-

liegend, dass man das Wasser an der am leichtesten zugänglichen Stelle zu fassen sucht, bei abfallendem Gelände wird dies immer der tiefste Punkt sein. Nicht selten findet man, namentlich auf dem Lande, dass Abwässer, ja sogar der flüssige Inhalt von Dunggruben, von höher gelegenen Punkten aus ihren Weg zur oder in die Nähe der Entnahmestelle des Trinkwassers nehmen. Aehnlich liegen oft die Verhältnisse bei dem sogenannten Schachtbrunnen. Um die Leistungsfähigkeit dieser Art von Brunnen thunlichst auszunützen, findet der Zutritt des Wassers nicht nur von der Sohle her statt, sondern es ist zu gleichem Zwecke die Mauerung der Wandung durchlässig gestaltet. Jede Verunreinigung des Bodens in der Umgebung des Brunnens führt möglicherweise zu bedenklichen Beimengungen von Bakterien zum Wasser. Ist schon an sich die Herstellung eines solchen Brunnens nicht zu empfehlen, so wird man bei der Wahl des Ortes ganz besonders darauf zu achten haben, dass dieser gegen äussere Verunreinigungen geschützt ist und bleibt. Selbstverständlich ist die Fernhaltung unsauberer Flüssigkeiten. Es ist aber auch Bedacht darauf zu nehmen, dass durch dichte Pflasterung in der Umgebung des Brunnens das Einsickern von Aufschlagwasser verhütet wird, dass diesem vielmehr Gelegenheit zu raschem Abfluss gegeben wird. Sobald das Wasser mit der Bodenoberfläche in Berührung gekommen ist, ist es mit Keimen inficirt, welche sich sehr rasch vermehren, so dass seine Beschaffenheit eine sehr ungünstige wird. Es ist häufig der Fall, dass derartig verändertes Wasser einen direkten Weg zu dem Brunneninhalt findet und diesen hierdurch verschlechtert oder unbrauchbar macht. Die leidige Gewohnheit der Wäschereinigung, bei der eine gewisse Wasservergeudung unvermeidlich ist, in der Nähe solcher Brunnen ist besonders zu tadeln, da neben der Unappetitlichkeit die Beimengung von Krankheitserregern zum Wasser nicht ausgeschlossen ist.

Wenn sonach das Vorhandensein von Spaltpilzen bei dieser Wasserart eine vermeidbare Ausnahme bildet, so muss deren Existenz in den zu Tage liegenden Gewässern geradezu als Regel betrachtet werden, so dass wir mit ihnen gewissermaassen als Wasserbewohner rechnen.

Die Lebensthätigkeit der Bakterien in der Erdkruste ist eine sehr vielseitige und demgemäss steigt ihre Vermehrung da-

selbst zu grosser Menge. Ein Theil derselben wird von dem Wind mit dem Staube fortgetragen und auf diesem Wege dem Oberflächenwasser zugeführt. Weit bedeutender ist die Anzahl derselben, welche durch die Bewegung des Wassers mit den Bodentheilchen losgerissen wird.

Ganz beträchtlich sind die Bakterienmassen, die mit fäulnissfähigen Substanzen in das Wasser gelangen, oder demselben durch Abwässer der verschiedensten Art zugeführt werden.

Die Vermehrungsfähigkeit der Bakterien im Wasser.

Wenn sich aus dem Gesagten schon das Vorhandensein von Bakterien überhaupt im Wasser erklärt, so spricht für deren Anzahl die rasche Vermehrungsfähigkeit daselbst. Diese Eigenschaft war frühzeitig schon bekannt geworden, seitdem man sich mit den Lebensthätigkeiten dieser niederen Pflanzenformen beschäftigt hat; ein zahlenmässiger Beweis hierfür wurde durch das von Koch entdeckte Plattenverfahren erbracht. Durch viele Versuche ist erwiesen, dass Keime, auf eine günstige Nährflüssigkeit verimpft, in kurzer Zeit sich auf ein Vielfaches vermehren. Zunächst wird man geneigt sein, dies auf einen Ueberfluss von Nährmaterial zu beziehen, jedoch diese Beobachtung wurde auch gemacht bei der Verwendung von gewöhnlichem Wasser und sogar, wenn dieses destillirt worden war. Die letztgenannte Thatsache spricht für eine ungeheure Genügsamkeit des Bakterienlebens. Wollte man annehmen, dass die Existenz von Ernährungsmaterial allein maassgebend für die Vermehrungsfähigkeit der Bakterien sei, so müsste man logischer Weise schliessen, dass deren Anzahl in inficirten Gewässern mit der Zeit in's Unendliche wachsen müsste, da man doch voraussetzen darf, dass ausreichender Nährstoff hier stets geliefert wird. Dagegen hat das Experiment wie auch die Beobachtung in der Natur eine Abnahme der Keimzahl nach gewissen Zeiten gelehrt. Auf die Ursachen hiervon des Näheren einzugehen, ist hier nicht der Ort, es mag vielmehr die Andeutung genügen, dass im Laboratoriumsversuch Bedingungen vorliegen, welche ein Weiterleben erschweren, wie beispielsweise die Ausscheidung schädlicher Produkte durch die Keime selbst. Aber auch diese Erscheinung lässt sich wie andere für die Beobachtung in offen liegenden Gewässern nicht ver-

werthen, da sicher derartige Stoffe eine Verdünnung in kürzester Zeit erfahren, welche ihrer Unwirksamkeit gleichbedeutend ist. Wie bei allen Lebewesen, so ist es auch hier der Kampf um das Dasein, der eine Grenze zieht. Die im Wasser befindlichen niederen Pilze sind nicht alle gleicher Art und dementsprechend sind ihre Ansprüche verschieden; die schwächeren müssen den stärkeren unterliegen und unter wechselnden äusseren Bedingungen gewinnen die einen oder die anderen wieder die Oberhand, bis sich schliesslich gewissermaassen ein Gleichgewichtszustand einstellt, der Befund, den wir durchschnittlich durch unsere Untersuchungen konstatiren.

Ein gewisser Reichthum von Bakterien bildet demnach bei manchen Wasserarten die Regel, mit der wir rechnen müssen. Verschiedene Gründe waren es, die zu einer eingehenderen Beschäftigung mit denselben aufforderten. Die nächste Aufgabe lag in der Prüfung der einzelnen Arten auf die Möglichkeit, Krankheiten zu erzeugen. In dieser Hinsicht sind die meisten Wasserbakterien, soweit es bisher bekannt ist, unschuldiger Natur; es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass sich ihnen Krankheitserreger beimengen können. Ist schon deswegen eine bakteriologische Untersuchung des Wassers angezeigt, so ist sie es auch aus einem anderen Grunde, insofern als ein über das gewöhnliche Maass hinausgehender Bakterienreichthum Aufschluss über die Art und Grösse stattgehabter Verunreinigungen geben kann. Zuzufolge der Erkenntniss der einzelnen Arten und ihrer Lebensbedingungen ist ein Rückschluss auf ihre Herkunft ermöglicht, der manchmal trotz ihrer Unschädlichkeit den Genuss des Wassers verleidet, nach Umständen ekelerregend macht, selbst wenn die sichtbare Beschaffenheit des Wassers noch nicht darunter gelitten hat.

Nachweis der Bakterien.

Wenn in einem Wasser Bakterien in sehr grosser Anzahl vorhanden sind, so wird es oft gelingen, sich von deren Anwesenheit zu überzeugen, indem man einen Tropfen Wasser unter dem Mikroskop bei starker Vergrösserung und enger Blende betrachtet. Ein solcher Befund ist jedoch für die Beurtheilung des Wassers in bakterieller Hinsicht nicht ausreichend. Abgesehen davon, dass diese einfachste Methode des Nachweises von Bakterien nie

zu einer zuverlässigen Unterscheidung der einzelnen Arten in dem Gemisch derselben führen kann, so wird auch die Schätzung der Anzahl mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden sein, welche durch die Kleinheit der Organismen, durch ihre eventuelle Beweglichkeit oder durch kapillare Strömungen unter dem Deckglas bei der relativ kleinen Oberfläche des zur Beobachtung gelangenden Gesichtsfeldes bedingt sind. Die Möglichkeit, sichere Anhaltspunkte in diesen beiden Richtungen, der Anzahl und Art der Bakterien, zu erlangen, verdanken wir insbesondere der genialen Entdeckung R. Koch's, der uns Methoden an die Hand gegeben hat, durch welche wir jeden einzelnen Keim zu einem Verbands gleichgearteter Organismen auswachsen lassen können. Durch diese Maassnahme vermögen wir die Anwesenheit des einzelnen Bakteriums als Kolonie zu erkennen, welche mit unbewaffnetem Auge bereits sichtbar ist, und weiterhin können wir durch die Anlage einer Reinkultur aus einer solchen Kolonie erst Eigenthümlichkeiten der betreffenden Bakterienart feststellen, welche zu einer Differenzirung derselben führen.

Das Princip dieser durch zahlreiche Erfolge in verschiedenster Hinsicht gekrönten Methode Koch's beruht in der Verwendung eines Nährmediums, welches bei gewissen Temperaturen entweder in flüssigem Zustande auftritt oder zu einer unbeweglichen Masse erstarrt. Koch erkannte in der Gelatine, welche er durch Zusatz von Nährstoffen und durch Veränderung ihrer chemischen Reaktion zu einem geeigneten „Nährboden“ für Bakterien umformte, das passende Mittel zur Erreichung dieses Zweckes. Indem eine solche Nährgelatine bei höheren Temperaturen, welche das Leben der Bakterien noch nicht beeinträchtigen, flüssig ist, gelingt es, Gemische derselben zu einer so gleichmässigen Vertheilung zu bringen, dass nach der Erstarrung jeder Keim einzeln fixirt ist und seine Existenz sich durch Auswachsen zu einer Kolonie verräth.

Vorsichtsmaassregeln bei der Entnahme des Wassers.

Die grosse Vermehrungsfähigkeit der Bakterien sowie der Umstand, dass dieselben allenthalben verbreitet sind, erheischen gewisse Vorsichtsmaassregeln bei der Entnahme, deren Vernachlässigung nach Umständen zu einem trügerischen Ergebniss führt.

Es wird Fürsorge zu treffen sein, dass ein weiteres Hinzü-

treten von Bakterien oder eine Vermehrung derselben vor Einleitung der Untersuchung vermieden wird. Es muss deshalb schon bei der Entnahme des Wassers die unerlässliche Forderung aufgestellt werden, dass die Gefässe, welche zur Aufnahme desselben bestimmt sind, frei sind von Bakterien, oder dass die etwa vorhandenen durch ausgiebige Spülung mit dem zu prüfenden Wasser vollständig beseitigt werden. Auch hier, wie bei der für die chemische Untersuchung bestimmten Wasserprobe, wird man bestrebt sein, eine Durchschnittsprobe durch die Wahl des Entnahmeortes zu erzielen. Es ist daher gerathen, die Probe nie an der Oberfläche zu entnehmen und andererseits ein Aufrühren des Grundes stets zu vermeiden. Als geeignete Gefässe sind kleine Glaskolben von ungefähr 100 ccm Inhalt mit Watteverschluss, oder Flaschen von entsprechender Grösse mit Glasstöpselverschluss, welche in später zu erwähnender Weise vor dem Gebrauch sterilisirt sind, empfohlen worden. Insofern eine sofortige Untersuchung der Proben nicht angängig ist und durch die Versendung derselben in's Laboratorium längere Zeit verstreicht, hat man durch Eisverpackung die Vermehrung der Bakterien zu verhüten versucht. — Eine Vorrichtung, welche zum Zwecke der bequemerer Versendung ersonnen wurde, möge hier Erwähnung finden. Man bläst an das eine Ende einer Glasröhre eine Kugel und zieht das anschliessende Rohr zu einer Kapillare aus. Nach gelindem Erwärmen der Kugel taucht man die Kapillare in destillirtes Wasser ein; in Folge des durch Abkühlung der ersteren entstehenden negativen Druckes füllt sich diese zum Theil. Durch vorsichtiges Erhitzen bringt man das Wasser zur Verdampfung und schmilzt zum Schluss das Ende der Kapillare in der Flamme zu. Hierdurch hat man einen sterilen und nahezu luftleeren Apparat erhalten. Schneidet man unter Wasser mit ausgeglühter Scheere die zugeschmolzene Stelle der Kapillare ab, so füllt sich die Kugel mit Wasser, wobei nach Abschmelzung der Oeffnungsstelle jede Verunreinigung mit anderen Bakterien ausgeschlossen ist. Der Apparat wird hernach in geeigneter Weise in eine Blechbüchse mit Eis verpackt, um eine Vermehrung der Bakterien zu verhindern, und ist somit für den Versand fertig gestellt. Im Laboratorium wird die Kapillare an ihrer Ansatzstelle mittelst einer Glasfeile eingeritzt und vorsichtig abgebrochen. Durch die entstandene Oeffnung ent-

nimmt man mittelst sterilisirter Pipette (vgl. S. 128) die zur Untersuchung gewünschte Wassermenge. Die Methode leidet jedoch an einem Uebelstande; man hat eine so geringe Wassermasse entnommen, dass derselben das Prädikat einer Durchschnittsprobe nur in seltenen Fällen zukommt.

Vortheilhafter ist es, die geringe Quantität von Wasser, welche zur bakteriologischen Prüfung bestimmt ist, aus einer grösseren Wasserprobe zu entnehmen. Hierdurch kommt man der Wahrscheinlichkeit näher, eine Durchschnittsprobe zu erzielen. Es empfiehlt sich daher, einen Theil des für die chemische Untersuchung geschöpften Wassers für diesen Zweck zu benutzen. Allerdings wird man auf Schwierigkeiten stossen, grössere Probengefässe keimfrei zu machen. Um dies zu erreichen, kann man in die Flaschen einige Kubikcentimeter konzentrirte Schwefelsäure geben, womit man die inneren Wandungen vollständig beseitigt. Die Säure wäre bei der Entnahme durch häufiges und sorgfältiges Spülen vollständig zu entfernen. Dieses Verfahren ist insofern misslich, als man nie eine absolute Gewissheit darüber hat, dass dies vollständig der Fall ist. Man darf jedoch auf Grund der Versuche von Heyroth annehmen, dass bei sorgfältiger, kurz vor der Entnahme vorgenommener Reinigung die Bakterien an der Glaswandung nicht so fest haften, dass sie durch energische Spülung, wenn diese sechsmal nach einander gründlich ausgeführt wird, nicht zu beseitigen wären.

Das Vermehrungsvermögen der Bakterien ist durch sehr enge Zeiträume begrenzt. Es ist daher erforderlich, die Einleitung der bakteriologischen Prüfung des Wassers, wenn möglich, sofort an Ort und Stelle nach der Entnahme oder doch nach thunlichst kurzer Frist zu bewerkstelligen. Nach Umständen wird das Verstreichen von wenigen Stunden das Ergebniss schon beeinflussen; diese Gefahr liegt namentlich vor, wenn die Wasserprobe eine ziemlich warme Temperatur besitzt oder einer solchen während des Transportes ausgesetzt wird. In solchen Fällen ist besondere Eile zu empfehlen.

Bevor wir in eine Schilderung der bakteriologischen Untersuchungsmethode des Wassers eintreten, müssen wir zunächst eine Beschreibung der Darstellungsweisen derjenigen Nährböden geben, vermittelt derer die Bakterien isolirt gezüchtet und in der Entwicklung ihrer Lebensäusserungen beobachtet werden können.

Die Bereitung der Nährböden.

Es ist erklärlich, dass bei der Verschiedenheit der Bakterienarten die Ansprüche derselben hinsichtlich der Konsistenz und Zusammensetzung des Nährmaterials eine verschiedene sein muss. Im Allgemeinen entsprechen die nachstehend beschriebenen Nährböden den Anforderungen der meisten im Wasser vorkommenden Bakterien. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass hie und da Veränderungen derselben nothwendig werden, deren Richtung sich aus dem eingehenden Studium der bestimmten, zu untersuchenden Art durch Beobachtungen während des Versuchs ergeben wird.

1. Die Nährgelatine.

Zur Darstellung der Nährgelatine nimmt man 500 g feingehacktes oder geschabtes, fettfreies Fleisch und übergiesst dieses mit 1 l destillirten Wassers. Das sorgfältig umgerührte Gemisch lässt man an einem kühlen Orte, zur warmen Jahreszeit im Eisschranke, 12—24 Stunden stehen. Hierauf trennt man die Fleischstückchen von dem Wasser, indem man mittelst eines Trichters das Wasser durch ein reines Seihtuch ablaufen lässt und den Rest des letzteren durch Drücken mit der Hand oder durch eine Presse soweit entfernt, bis man ungefähr 1 l Flüssigkeit erzielt hat. Dieselbe enthält die in Lösung gegangenen Bestandtheile des Fleisches und stellt das „Fleischwasser“ dar. Zum gleichen Ziele gelangt man in kürzerer Zeit, wenn man das in derselben Weise angesetzte Hackfleisch ungefähr 2 Stunden im Kochen erhält. Hiernach lässt man das Ganze vollständig erkalten, damit das vorhandene Fett gerinnt. Durch Filtration wird dieses sowie das Fleisch beseitigt und die Flüssigkeit zu 1 l aufgefüllt.

Zu dem Fleischwasser werden 100 g käufliche weisse Speisegelatine der besten Sorte, 10 g Pepton (*Peptonum siccum*) und 0,5 g Kochsalz gegeben.

Um die Löslichkeit der Gelatine zu begünstigen, ist es nothwendig, diese zunächst aufweichen zu lassen. Das Gemisch wird daher so lange bei Zimmertemperatur belassen, bis diese gequollen ist. Hierauf erwärmt man vorsichtig im Wasserbade

bei einer Temperatur, dass eine Gerinnung der vorhandenen Eiweisskörper nicht erfolgen kann ($50-60^{\circ}$), bis die zugeführten Substanzen vollständig gelöst sind.

Die Gelatine besitzt saure Reaktion, welche für das Wachstum der Bakterien nicht günstig ist. Um diese zu beseitigen, setzt man aus einem Tropfgläschen vorsichtig unter Umrühren eine gesättigte Lösung von Natriumkarbonat hinzu, bis die Flüssigkeit amphoter ist, d. h. blaues Lackmuspapier nicht mehr röthet und rothes nicht mehr bläut. Zur Ausscheidung der gelösten Eiweissstoffe wird der noch unfertigen Nährgelatine das Weisse eines Eies zugemischt und hierauf dieselbe im Wasser-

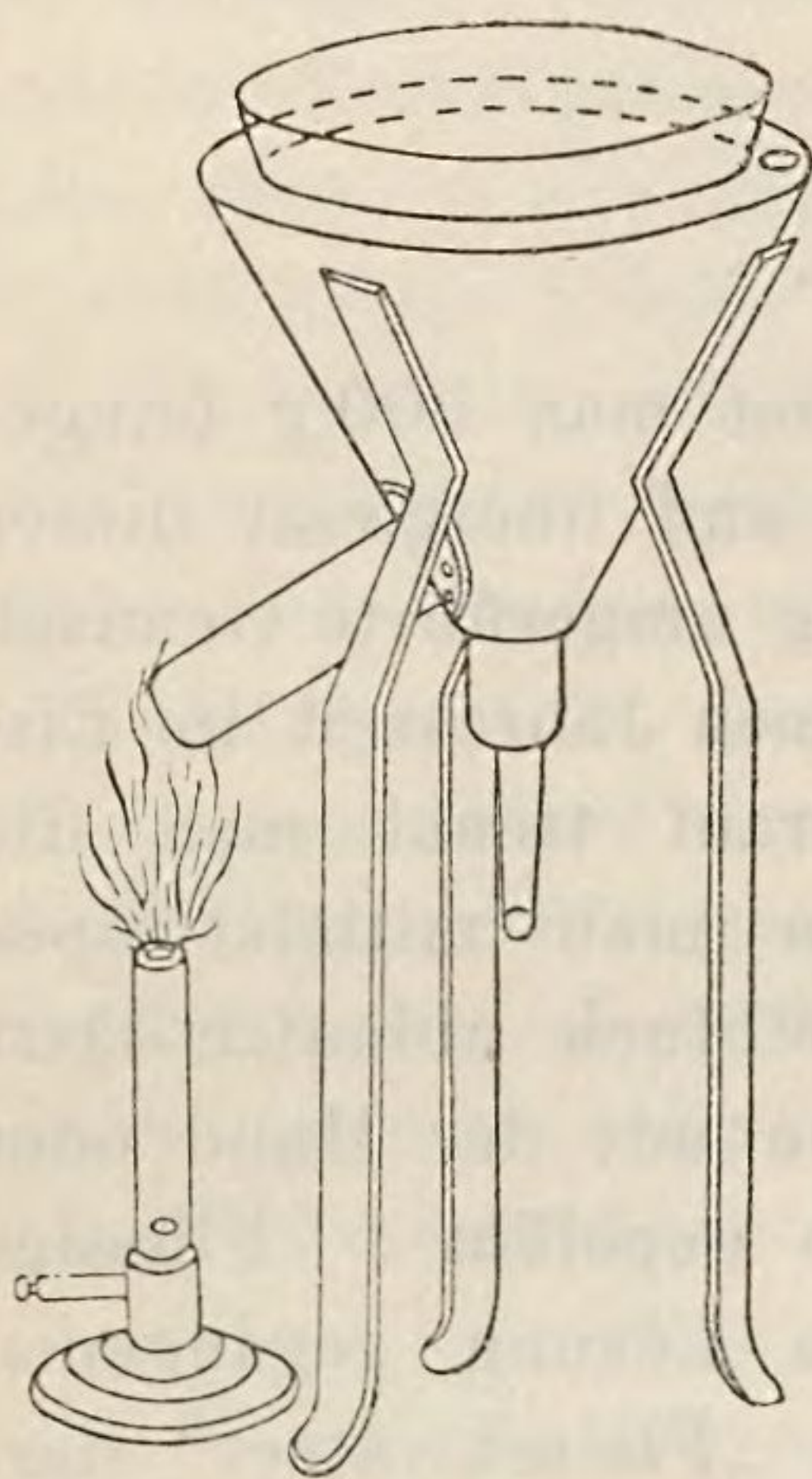


Fig. 63.

bade während 1—2 Stunden in Siedehitze erhalten. Man führt dieses zweckmässig in einem Glaskolben aus; das koagulierte Eiweiss schwimmt dann in Flocken in der Flüssigkeit und setzt sich zum Theil an der Glaswandung fest. Bei diesem Vorgange findet oft eine Nachsäuerung statt, man muss sich daher nochmals von der Reaktion der Gelatine überzeugen und diese jetzt durch Natriumkarbonat schwach alkalisch einstellen, so dass rothes Lackmuspapier eben leicht gebläut wird.

Um die Gelatine durchsichtig zu machen, wird sie durch eine doppelte Lage Filterpapier heiss filtrirt. Eine Gerinnung derselben hiebei wird verhütet, indem man den Trichter hin und wieder vorsichtig mit der Flamme eines Bunsenbrenners erwärmt. Wenn die Filtration sehr langsam vor sich geht, reicht diese Maassnahme nicht aus, zudem zerspringt leicht der Glastrichter und macht alle vorher aufgewandte Mühe zu nichts. Es ist daher die Verwendung des Heisswassertrichters (Fig. 63) sehr zu empfehlen. Derselbe stellt einen doppelwandigen Blechtrichter dar, an welchen ein geschlossenes Rohr angesetzt ist. Der innere Raum wird durch eine am oberen Rande befindliche Oeffnung zum Theil mit Wasser gefüllt, das durch eine unter das Rohr gestellte Flamme im Sieden erhalten wird. Die Höhlung dieser Heizvorrichtung nimmt den Glastrichter auf.

Wenn die Gelatine ganz klar filtriert und Proben derselben sich bei dem wiederholten Aufkochen nicht mehr trüben, so kann sie nunmehr in Reagenzröhrchen eingefüllt werden.

Es ist erwünscht, in denselben stets annähernd gleiche Mengen von 8—10 ccm zu haben. Um dieses bequem zu bewerkstelligen, hat Treskow einen sinnreichen Apparat (Fig. 64) konstruiert. Durch entsprechende Stellung des Hahnes, welcher dreiwegig gebohrt ist, füllt man zuerst den graduirten Mess-

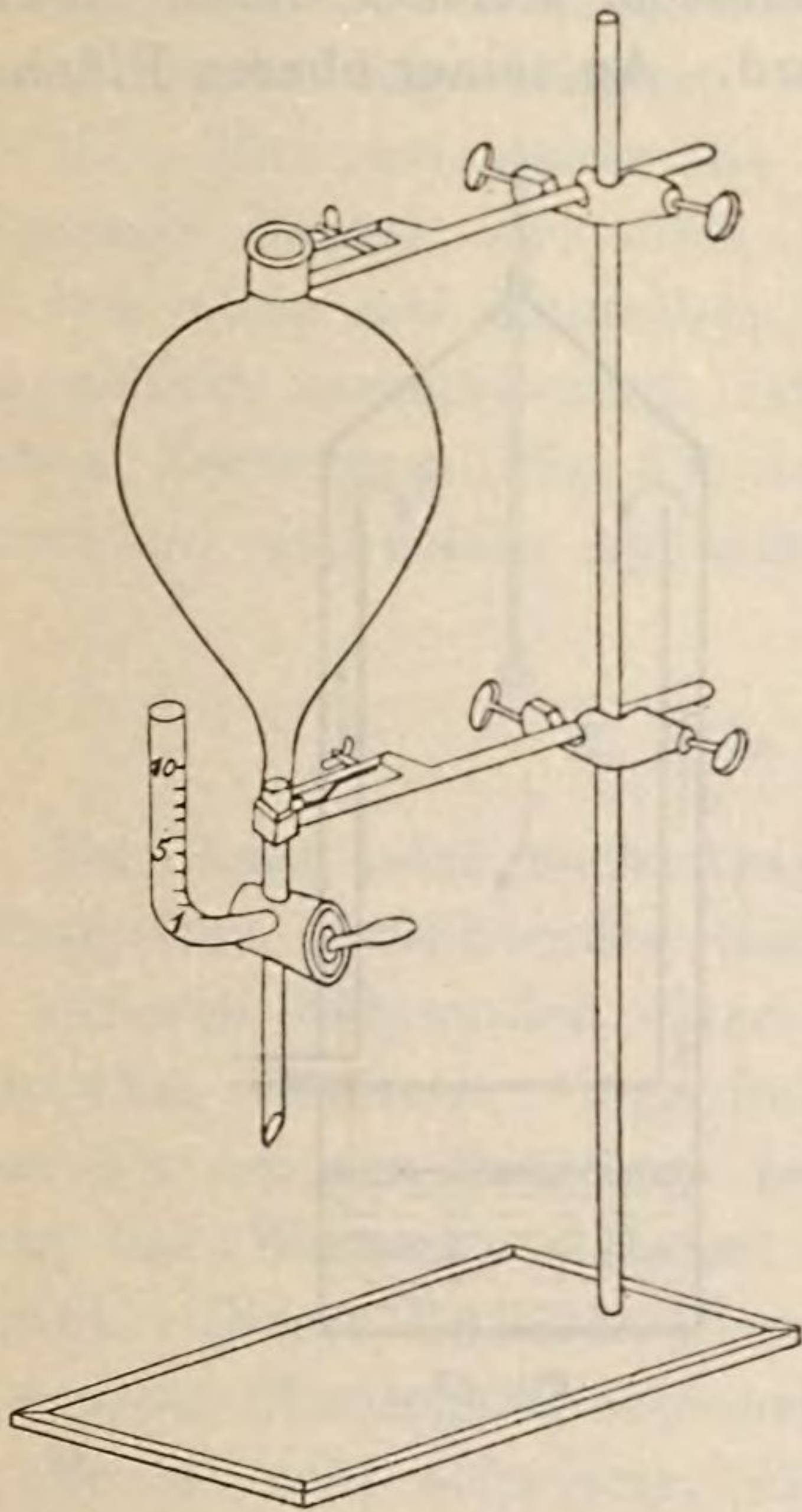


Fig. 64.

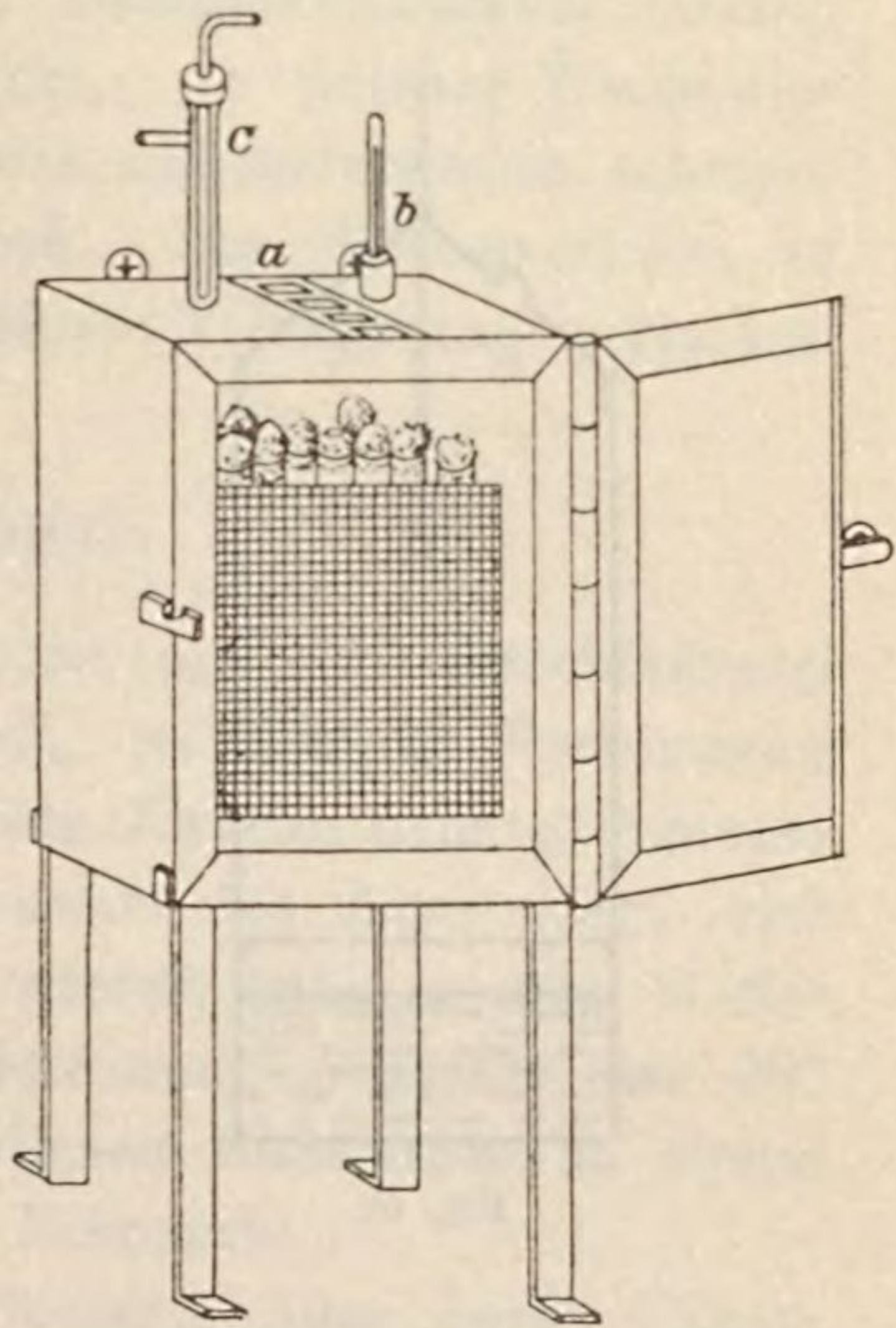


Fig. 65.

cylinder und lässt dann seinen Inhalt in das Reagenzröhrchen ablaufen. Hierbei ist eine Benetzung der inneren Wandung desselben vorsichtig zu vermeiden, da sonst der später aufzusetzende Watteverschluss anklebt und dann dessen Entfernung bei der Handhabung des fertigen „Gelatineröhrchens“ Schwierigkeiten bereitet.

Eine Verunreinigung der an sich durch das Kochen keimfrei gewordenen Gelatine ist durch thunlichste Fernhaltung von Bakterien zu vermeiden. Man wird daher auf möglichste Rein-

heit des Umfüllungsapparates achten und weiterhin für eine geeignete Zurichtung der Reagenzröhrchen sorgen. Diese werden mit Bürste und Wasser gründlich gereinigt, mit destillirtem Wasser nachgespült, getrocknet und hierauf mit einem Wattepfropf verschlossen. In einem Becherglas oder Drahtkorb setzt man sie in einen Heissluftschrank (Fig. 65) und erhitzt sie daselbst ungefähr 1 Stunde auf 150°C. , um sie zu sterilisiren. Die Watte bräunt sich hierbei leicht. Der Heissluftschrank ist ein doppelwandiger Kasten aus Eisenblech, welcher durch einen untergestellten Gasbrenner erhitzt wird. An seiner oberen Fläche

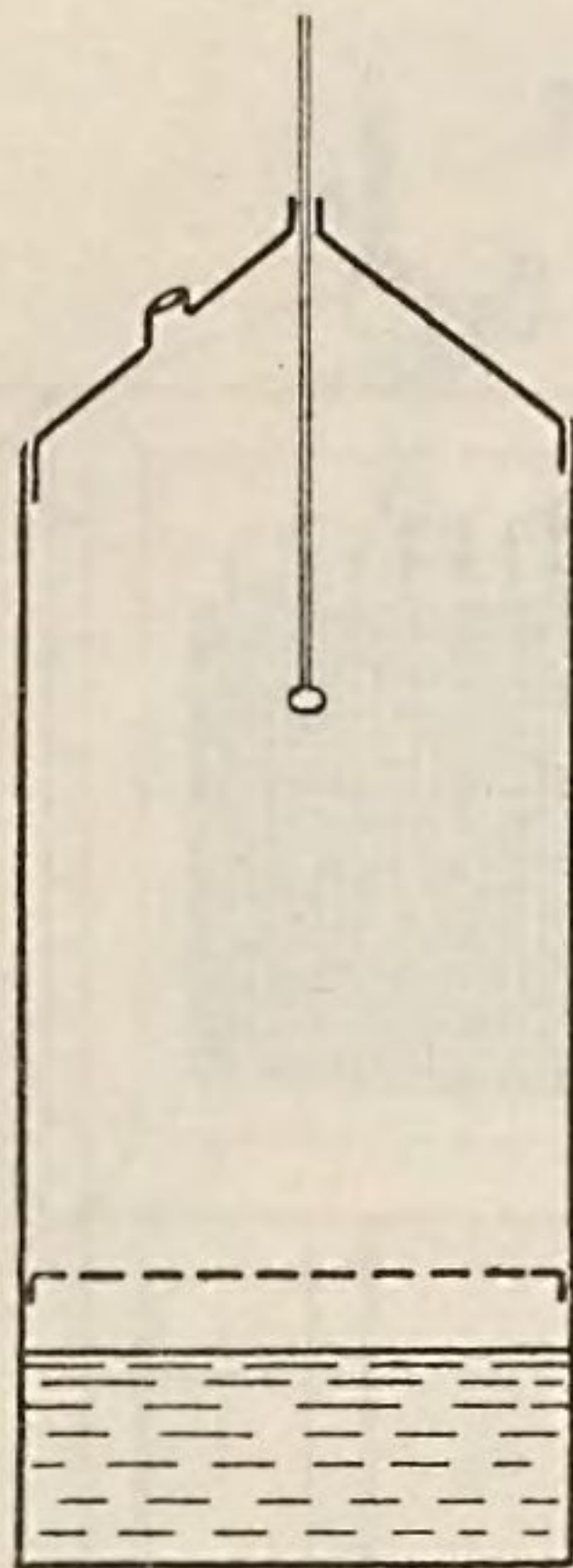


Fig. 66.

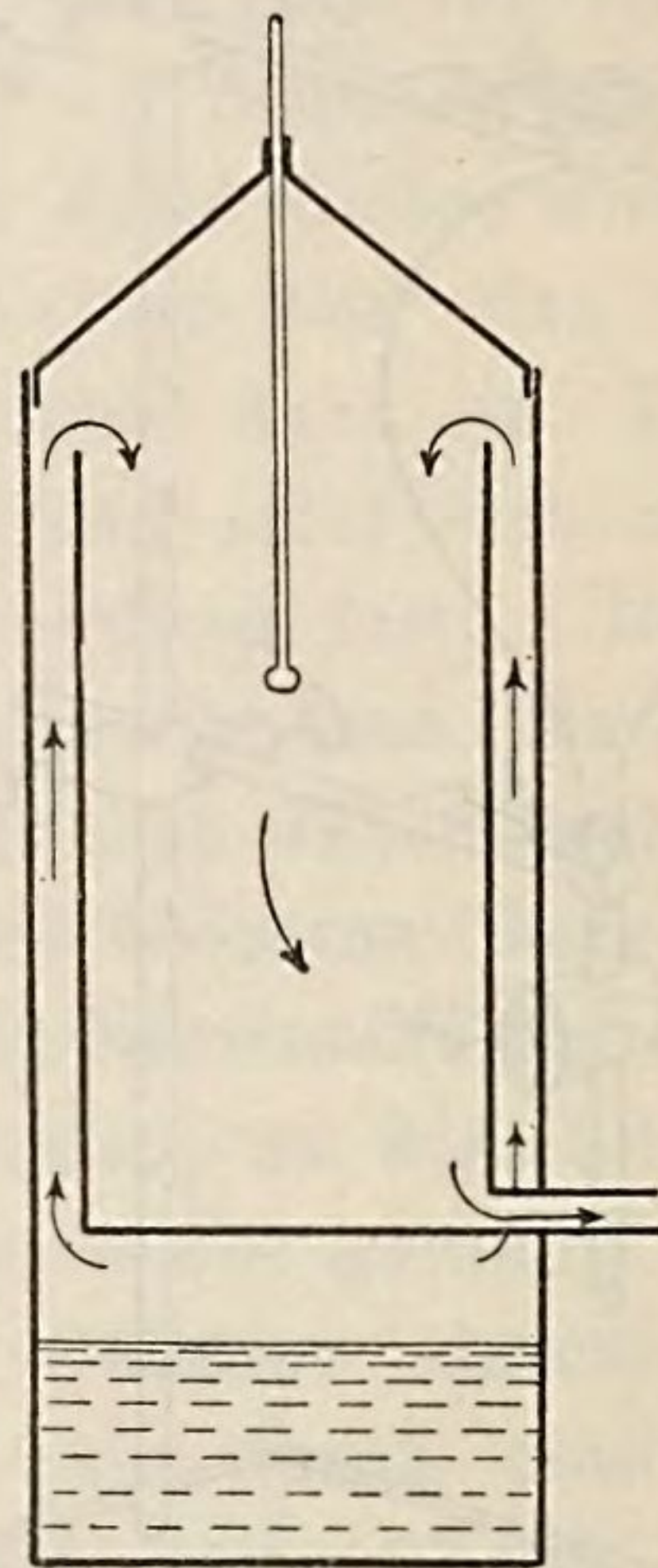


Fig. 67.

trägt er bei a einen Ventilationsschieber. Zur Kontrolle der Temperatur ist bei b ein Thermometer eingelassen, welches in das Innere des Apparates hineinragt; die Regulirung der Wärme besorgt ein Thermoregulator c, dessen Beschreibung an anderer Stelle (S. 148) erfolgt.

Die umgefüllte Gelatine ist schliesslich noch endgültig zu sterilisiren, um die inzwischen hinzugetretenen Keime zu vernichten. Zu diesem Zwecke werden die gefüllten Reagenzröhrchen im strömenden Dampf auf 1 Stunde erhitzt. Dies geschieht in dem Dampftopf. Die Einrichtung der einfachsten Form zeigt die Fig. 66. Der Wasserspiegel ist durch einen Rost von dem

Desinfektionsraum getrennt, auf welchen die zu sterilisierenden Gegenstände gewöhnlich in einem Blecheinsatz gestellt werden. Ein in das Innere ragendes Thermometer zeigt die dort befindliche Temperatur an. Die Erhitzung und Verdampfung des Wassers geschieht durch eine Gasflamme. Als Nachtheil des Apparates ist angeführt worden, dass nach Umständen die Luft durch die am Deckel befindliche Oeffnung nicht vollständig entweicht, da sie specifisch schwerer ist als der Wasserdampf. Ein Gemisch von letzterem und Luft besitzt nicht in dem Maasse keimtödtende Eigenschaften wie der reine Wasserdampf von 100°C . Man hat daher die Anordnung so getroffen, dass der strömende Dampf von oben in den Desinfektionsraum eintritt und von unten aus demselben entweicht. In welcher Weise dies sehr einfach erreicht wird, ist aus der nebenstehenden schematischen Zeichnung (Fig. 67) ersichtlich. Um Wärmeverluste zu vermeiden, sind solche Apparate mit einem Filzüberzug bekleidet.

2. Das Nähragar.

Das Agar oder auch Agar-Agar ist ein von verschiedenen Seetangarten herrührender Gallertstoff, welcher in Verbindung mit anderen Nährstoffen einen für viele Zwecke sehr geeigneten Nährboden darstellt. Der Schmelzpunkt des Agar liegt viel höher als der der Gelatine; derselbe grenzt nahe an den Siedepunkt des Wassers, während die Gerinnung ungefähr bei 40° beginnt. Dieser Unterschied macht diesen Nährboden zu einem in mancher Hinsicht unentbehrlichen Präparat.

Es ist sehr schwierig, das verflüssigte Agar durch Filtration klar zu bekommen. Man wird daher bestrebt sein, bei der Herstellung dieses Nährbodens von den zuzusetzenden Bestandtheilen ungelöste Stoffe vor der Beigabe des Agar zu beseitigen. Die Grundlage bildet auch hier wie bei der Nährgelatine das Fleischwasser. Dasselbe wird in einer der oben beschriebenen Arten unter Hinzufügung der gleichen Mengen von Pepton (10%) und Kochsalz ($0,5\%$) bereitet. Um alle fällbaren Eiweisskörper zu beseitigen, wird das sauer reagirende Gemisch von Fleischwasser, Pepton und Kochsalz, ohne es vorher zu neutralisiren, im Dampftopf 1 Stunde lang erhitzt und die Filtration desselben durch Filterpapier erst nach dem Erkalten vorgenommen. Zu je 1 Liter dieser

Flüssigkeit werden 10 oder höchstens 20 g Agar gegeben. Das Agar wird in Form von Pulver, Streifen oder vierkantigen Stangen in den Handel gebracht; in den letzten beiden Fällen wird man es vorher mittelst einer Scheere zerkleinern. Die Verflüssigung desselben im Fleisch-Pepton-Wasser geschieht auf dem freien Feuer oder zweckmässiger im Dampftopf, um eine Einengung der Flüssigkeit zu vermeiden.

Nunmehr wird die saure Reaktion durch Zusatz von gesättigter Natriumkarbonatlösung in der bereits erläuterten Weise in eine eben alkalische umgewandelt. Um sämtliche Stoffe auszufällen, welche zu späteren Trübungen Veranlassung geben können, wird das Ganze während 2 Stunden im Dampftopf erhitzt.

In Folge der dichteren Konsistenz und der leichteren Gerinnungsfähigkeit des Agar ist die Filtration des Nährbodens schwierig und zeitraubend; dieselbe muss durch ein doppeltes Faltenfilter erfolgen, und man wird hierbei den Heisswassertrichter nicht vermissen können.

In bequemerer Weise kann man die Klärung erzielen, wenn man die Abkühlung der heissen Masse so langsam erfolgen lässt, dass die schwimmenden Theilchen genügende Zeit haben, sich vollkommen zu Boden zu setzen. Zu diesem Behufe nimmt man die Verflüssigung des Agar im Fleisch-Pepton-Wasser sowie die Alkalisirung in einem grossen Becherglase vor und lässt den Inhalt desselben nach Vollendung der vorgeschriebenen Erhitzung im Dampftopf ganz allmählich erkalten. Der gewonnene Agarcylinder wird durch Einsenkung des Glases in siedendes Wasser an seiner Oberfläche zum Schmelzen gebracht, um aus dem Gefässe entfernt werden zu können. Mittelst eines Messers schneidet man diejenige Agarmasse ab, in welcher sich die unlöslichen Bestandtheile angesammelt haben; der übrige Theil ist zur Umfüllung in Reagenzröhrchen nach nochmaliger Verflüssigung fertig. Dieselbe erfolgt in der gleichen Weise wie bei der Gelatine; nach nochmaliger einstündiger Sterilisation im Dampftopf lässt man den Nährboden erkalten und erstarren und damit sind die „Agarröhrchen“ zum Gebrauche geeignet.

Manche Bakterienarten gedeihen besser auf dem Nähragar, wenn demselben Glycerin zugesetzt wird. Dasselbe wird dann vor der Verflüssigung des Agar dem filtrirten Fleischwasser zugefügt, gewöhnlich in einer Menge von 6 Procent.

3. Die Nährbouillon.

Das Fleischwasser selbst findet ohne Zusatz von Gelatine oder Agar Verwendung als flüssiger Nährboden. Seine Herstellungsweise ist die gleiche, wie solche bei der Bereitung der beiden vorstehend geschilderten Nährböden erörtert worden ist. Man zieht 500 g feingehacktes oder geschabtes, fettfreies Fleisch entweder auf kaltem Wege oder durch zweistündiges Erhitzen mit 1 l destillirten Wassers aus, füllt in letzterem Falle wieder zum ursprünglichen Volumen auf, fügt 10 g Pepton und 5 g Kochsalz hinzu und macht das Ganze durch Natriumkarbonat sehr schwach alkalisch. Hierauf trennt man nach dem Erkalten die Fleischtheilchen und das Fett mittelst eines Seihtuches ab und erhitzt die Flüssigkeit ungefähr eine Stunde im Dampftopf zur Ausfällung etwa noch vorhandener, fällbarer Eiweissstoffe und macht die Flüssigkeit schwach alkalisch. Nach der Filtration durch ein doppeltes Faltenfilter wird die klare Bouillon in Reagenzröhrchen umgefüllt und in diesen nochmals sterilisirt.

4. Das Blutserum.

Der seröse Bestandtheil des Blutes bildet für die Bakterienforschung einen wichtigen Nährboden. Um denselben in steriler Form zu gewinnen, sind folgende Maassregeln geboten. Hohe, nicht zu enge Glasylinder werden durch einen Wattepfropf verschlossen und in dem oben erwähnten Heissluftschrank (S. 120) sterilisirt. Bei der Schlachtung von Thieren lässt man zunächst den ersten Blutstrom abfliessen und fängt den nachfolgenden im Glasylinder nach vorsichtiger Entfernung des Wattepfropfs auf, wobei eine Berührung des unteren Endes des letzteren sorgfältig zu vermeiden ist. Den mit Blut gefüllten Cylinder lässt man im Eisschrank oder an einem anderen kühlen Ort ruhig stehen, bis vollständige Gerinnung erfolgt ist. Das über dem Blutkuchen stehende klare Serum wird mit einer Pipette von 10 ccm Inhalt, welche in gleicher Weise wie der Cylinder keimfrei gemacht ist, abgehoben und in sterile, mit Wattepfropf verschlossene Reagenzröhrchen umgefüllt.

Wenn dieses Serum längere Zeit bei einer Temperatur von 65—68° C. gehalten wird, so erstarrt es zu einer durchsichtigen

Masse. Die Zeit, in welcher dies erfolgt, ist verschieden je nach der Abstammung des Blutes; am schnellsten gerinnt Hammelserum, am langsamsten das von Kälbern. Es ist darauf zu achten, dass die Gerinnung nahe den erwähnten Temperaturgrenzen eintritt; erfolgt sie über 70° , so entsteht eine milchig-trübe, undurchsichtige Masse, welche zu Kulturzwecken weniger geeignet ist. Um den Vorgang bequem ausführen und überwachen zu können, wird der durch nebenstehende Figur 68 dargestellte Apparat verwendet. Die doppelten Wandungen des Blechkastens schliessen zwischen sich Wasser ein, durch dessen Temperatur der Innenraum des Apparats bis zur gewünschten Wärme gebracht

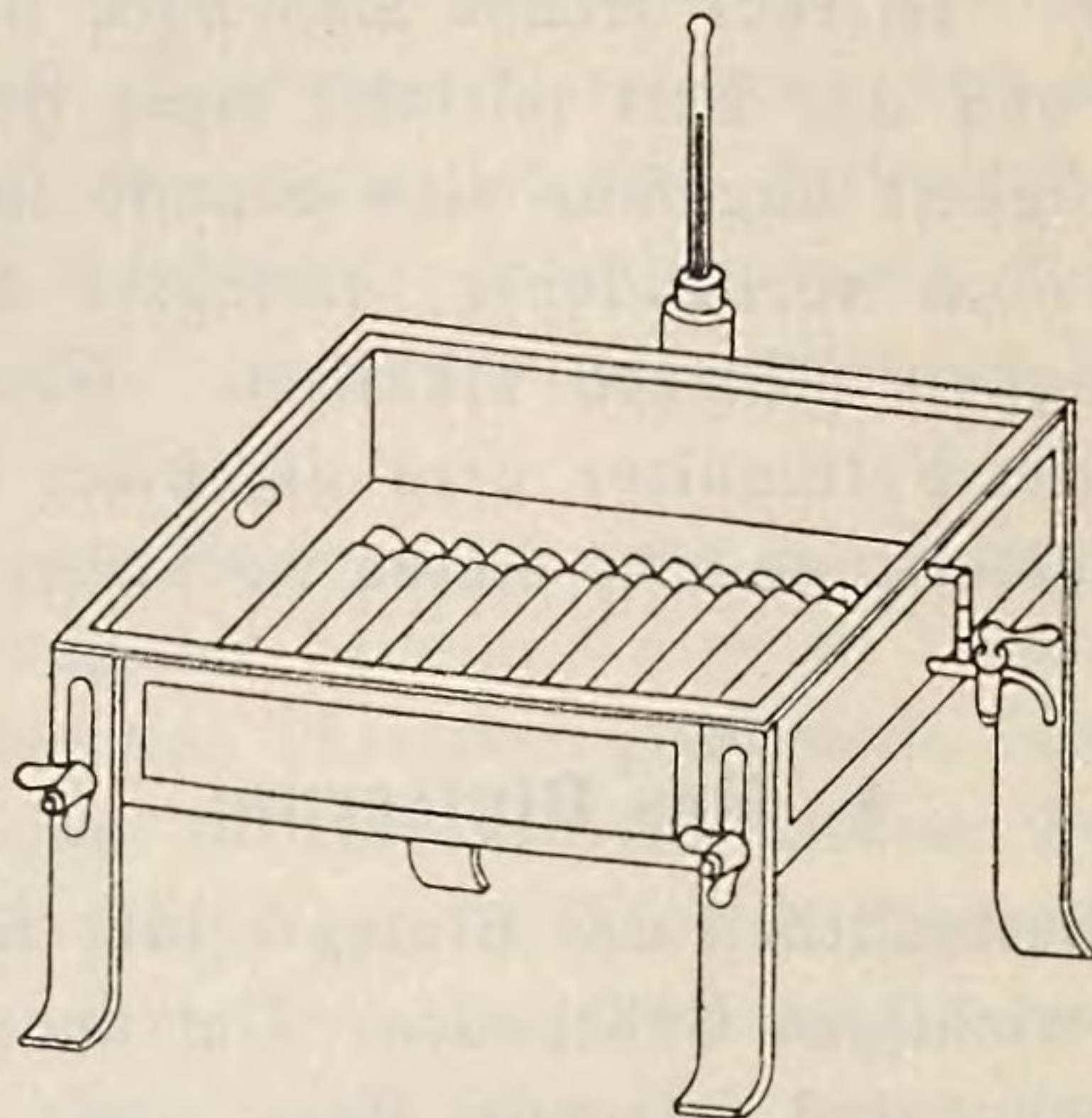


Fig. 68.

und erhalten wird. Der Fläche, auf welcher die Reagenzröhrchen zu liegen kommen, ist eine gewisse Neigung gegeben, damit das Blutserum schräg erstarrt, da es in dieser Form zur Kultur eine grössere Fläche bietet.

Wenn mit der nöthigen Sorgfalt bei der Entnahme des Blutes und der Umfüllung des Serums verfahren worden ist, so wird der grössere Theil der Reagenzröhren keimfrei sein. Dies ist der Fall, wenn bei mehrtägigem Verweilen derselben in Bruttemperatur (vergl. S. 148) keine Trübung eintritt. Man geht jedoch sicherer, wenn man das Serum sterilisirt, indem man es mehrere Tage hinter einander während 1—2 Stunden auf 56° erhitzt und dann wieder in die Brutwärme zurückbringt. Hierdurch werden die Bakterien zerstört. Der Grund, warum dies bei der

relativ niederen Temperatur gelingt, liegt darin, dass etwa hinzugerathene Sporen zur vegetativen Form auskeimen, in welcher sie schon bei einer Wärme von 56° in ihrer Lebensfähigkeit geschädigt werden.

Man kann diese „diskontinuirliche Sterilisation“ schon vor Herbeiführung der Gerinnung vornehmen und wird dies immer thun, wenn das Serum als flüssiger Nährboden Verwendung finden soll.

Eine weitere Methode, das Serum keimfrei zu machen, besteht darin, dass man es im Röhrchen mit etwas Chloroform versetzt und mit demselben durch Schütteln vermischt. Nach Verdampfung des letzteren ist der Nährboden gebrauchsfähig. Nach Bedarf wird er in der geschilderten Weise zur Gerinnung gebracht. Bei dem Zusatz und der Verflüchtigung des Chloroforms ist der Zutritt von Tageslicht zu vermeiden, da unter dessen Einfluss sich das Chloroform bei Gegenwart von Wasser in Salzsäure und Phosgen (COCl_2) zersetzt. Beide Stoffe sind dem Bakterienwachsthum feindlich.

5. Die Kartoffel als Nährboden.

In gekochtem Zustande ist die Kartoffel für viele Bakterienarten ein geeignetes Nährmedium. Um sie für diesen Zweck brauchbar zu machen, sind verschiedene Wege eingeschlagen worden. Nach Koch's Vorschlag wurde zuerst die ganze Kartoffel sammt Rinde benutzt. Letzterer haften noch Reste von Erde an, in welcher sich sehr widerstandsfähige Sporen befinden. Zur Beseitigung und Unschädlichmachung derselben ist vor der eigentlichen Sterilisation durch Kochen eine Vorbehandlung der Kartoffel nothwendig, welche zum Theil eine Beseitigung oder Vernichtung der an der Oberfläche haftenden Keime in sich schliesst. Aus der Rinde derselben werden zunächst die schadhafte Stellen und die Keimansätze („Augen“) mittelst eines spitzen Messers trichterförmig ausgeschnitten. Hierauf wird die Kartoffel unter fließendem Wasser mit einer starren Bürste kräftig gebürstet, um die anhaftenden Bodentheilchen zu beseitigen. Nachdem die Kartoffel ungefähr 1 Stunde in 1‰ Sublimatlösung (1 g Sublimat in 1 Liter destillirten Wassers gelöst, welchem 5 ccm Salzsäure zugesetzt sind) gelegen hat, wird sie im Einsatz

des Dampftopfes dem strömenden Dampfe von 100° eine Stunde lang ausgesetzt. Nach erfolgter Abkühlung nimmt man sie heraus, schneidet sie mit einem ausgeglühten, wieder erkalteten Messer in der Mitte durch und bringt sie in die später geschilderte (S. 130) „feuchte Kammer“, die Schnittflächen nach oben kehrend. Bei dieser Procedur darf die Kartoffel nur mit Fingern angefasst werden, welche vorher in Sublimatlösung obiger Zusammensetzung getaucht worden sind. Selbstverständlich ist bei der bakterienfeindlichen Eigenschaft des Sublimats eine Benetzung der für die Kultur bestimmten Fläche vollständig zu vermeiden.

Eine sehr bequeme Methode zur Herstellung dieses Nährbodens ist von von Esmarch angegeben worden. Man schneidet aus einer rohen Kartoffel Scheiben und legt diese nach Entfernung der Schale in Glasdosen. Das Ganze wird im Dampftopfe 1 Stunde lang sterilisirt. Eine vorausgegangene Sterilisirung der Glasdose im Heissluftschrank wird den Erfolg der Keimfreiheit mehr sichern, jedoch ist dieselbe entbehrlich, da von der Einwirkung des strömenden Dampfes eine vollständige Abtödtung der Keime zu erwarten ist.

Sehr zweckmässig ist die Anlage von Kartoffelkulturen im Reagenzglase, da hierbei von aussen zutretende Verunreinigungen am wirksamsten ferngehalten werden. Diese Methode wurde von Bolton, Globig und Roux eingeführt. Man sticht mit einem Korkbohrer aus einer Kartoffel einen Cylinder aus, schneidet an beiden Enden die Schale ab und theilt ihn durch einen schräg durchgelegten Schnitt in zwei Hälften, um je eine grössere, gerade Fläche zu erzielen. Je eine Hälfte schiebt man in ein Reagenzröhrchen, schliesst mit einem Wattepfropf und sterilisirt das Ganze 1 Stunde lang im strömenden Dampf. Auch hier ist empfohlen worden, das Glasgefäss vorher durch heisse Luft keimfrei zu machen. Bei dieser Zubereitung der Kartoffel sammelt sich immer am Boden des Reagenzglases Kondensationswasser an, welches bei der Benutzung des Nährbodens lästig ist. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, liess Roux Röhrchen fertigen, welche 1 cm oberhalb des Bodens ringförmig eingeengt sind; Hüppe schützte die Kartoffel vor Benetzung, indem er sie auf Watte bettete, und Günther hielt das Kondens-Wasser durch untergelegte, kurze Glasröhrchen fern.

Die chemische Reaktion der Kartoffel ist nicht immer gleich, meistens ist dieselbe sehr schwach sauer. Für manche Zwecke ist es erwünscht, auch diesen Nährboden schwach alkalisch zu machen. Um dies zu erreichen, legt man die Kartoffel-Cylinder oder -Scheiben ungefähr eine halbe Stunde in sehr verdünnte Natriumkarbonatlösung.

Die Ausführung der bakteriologischen Untersuchung des Wassers.

Mit Hülfe der vorher geschilderten Nährböden wird es leicht sein, den Nachweis zu führen, ob im Wasser Bakterien vorhanden sind oder nicht, wenn es sich nur um diesen handelt. Vermischt man das Wasser mit denselben oder lässt es eine gewisse Zeit mit ihrer Oberfläche in Berührung, so wird bei sonst günstigen äusseren Bedingungen (Temperatur) das Wachstum der Bakterien Veränderungen der sichtbaren Beschaffenheit des Nährbodens hervorrufen, welche für ihre Anwesenheit zeugen. Diese allgemeine Beobachtung wird jedoch in den seltensten Fällen für die Beurtheilung eines Wassers in bakteriologischer Hinsicht ausreichen; es ist vielmehr nothwendig, die einzelnen Keime zu isoliren.

1. Die Isolirung der Keime.

Wie schon oben erwähnt, ist es nicht möglich, einen einzelnen Keim isolirt der Beobachtung und Untersuchung in hinreichendem Maasse zugänglich zu machen; man wird vielmehr nur das gewünschte Ziel erreichen, wenn man denselben durch seine Vermehrungsfähigkeit zu einem Verbands gleichgearteter Individuen, zu einer Kolonie, auswachsen lassen kann. Durch die früher geübten Verdünnungsmethoden in flüssigen Nährmedien war man allerdings auch in der Lage, verschiedene Arten aus einem Gemisch von Bakterien einzeln darzustellen und sie waren die erste Veranlassung zu einer Klassificirung; die vollständige Ausnutzung eines vorliegenden Bakterienmaterials in dieser Beziehung verdanken wir jedoch allein der Entdeckung Koch's, welche in der Verwendung erstarrender und durchsichtiger Nährmedien gipfelt.

Die Gelatine- oder Agar-Platte.

Vermischt man eine bestimmte Menge Wassers mit verflüssigter Gelatine und giesst letztere auf einer Glasplatte aus, so werden die einzelnen Keime auf eine grössere Oberfläche vertheilt und wachsen daselbst zu Kolonien aus. Jede Kolonie entspricht sonach ursprünglich einer Bakterie. Diese Voraussetzung ist nur bei Erfüllung gewisser Maassregeln zutreffend.

Zunächst muss die Wasserprobe vor der Bearbeitung kräftig durchgeschüttelt werden. Die Bakterien haften meistens in grösserer Anzahl an den suspendirten, organischen Bestandtheilen, nach Umständen sind sie, namentlich in ruhenden Gewässern, zu aneinanderhängenden Verbänden vereinigt. Eine Trennung und möglichst gleichmässige Vertheilung im Wasser wird durch eine solche energische Bewegung angestrebt, und auch in zureichender Weise meistens erzielt.

Gleichzeitig wird die Gelatine verflüssigt, indem man die Röhrchen genügend lange in Wasser von 37° eintaucht, wobei eine Benetzung des Wattepfropfs zu vermeiden sein wird. Hierauf wird eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Wassers zugesetzt, dessen Volumen mit einer in Zehntelgrade getheilten Pipette von 1 ccm Inhalt abgemessen wird. Die Pipetten sind vor jeder Untersuchungsreihe 1 Stunde lang im Heissluftschrank zu sterilisiren, in welchem sie in eine Eisenblechschachtel oder in einen mit Wattepfropf verschlossenen Glaszylinder gestellt werden. Unter solchem Verschluss halten sich dieselben ziemlich lange steril; bei ihrer Handhabung ist blos darauf zu achten, dass sie nur an ihrem oberen Ende mit den Fingern berührt werden. Es wird die Frage auftauchen, wieviel Wasser man zur Untersuchung verwenden soll. Im Allgemeinen wird man nie über 1 Kubikcentimeter hinausgehen, da grössere Mengen die Gerinnungsfähigkeit der Gelatine beeinträchtigen. Um annähernde Anhaltspunkte über die Anhäufung der Bakterien zu erhalten, kann man einen Tropfen Wasser auf ein Deckglas bei sehr gelinder Wärme verdampfen, letzteres nach später zu beschreibenden Methoden (S. 143 u. ff.) färben und aus dem Bilde unter dem Mikroskop sich von der mehr oder minder dichten Lage der Bakterien überzeugen. Diese Schätzung schliesst die Subjektivität des Einzelnen in sich; der sicherste Weg ergibt

sich aus der Uebung. Die Erfahrung hat gelehrt, dass bei reinen Quell- und Brunnenwässern und bei gereinigten (filtrirten) Oberflächenwässern das Maass von 1 Kubikcentimeter nicht zu gross ist, dass man jedoch bei zu Tage liegendem Wasser auf 0,5, 0,2 oder 0,1 Kubikcentimeter heruntergehen muss. Lässt die sichtbare Beschaffenheit oder die Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse eine besonders starke Verunreinigung des Wassers vermuthen, so muss man zu Verdünnungen schreiten. Diese sind immer mit destillirtem Wasser anzufertigen, welches eine halbe Stunde lang im Dampftopf oder durch entsprechend langes Kochen sterilisirt worden ist. Man giebt beispielsweise in ein Reagenzröhrchen mit einer Pipette 10 ccm dieses sterilen, destillirten Wassers, entfernt hievon 1 ccm und fügt 1 ccm des zu prüfenden

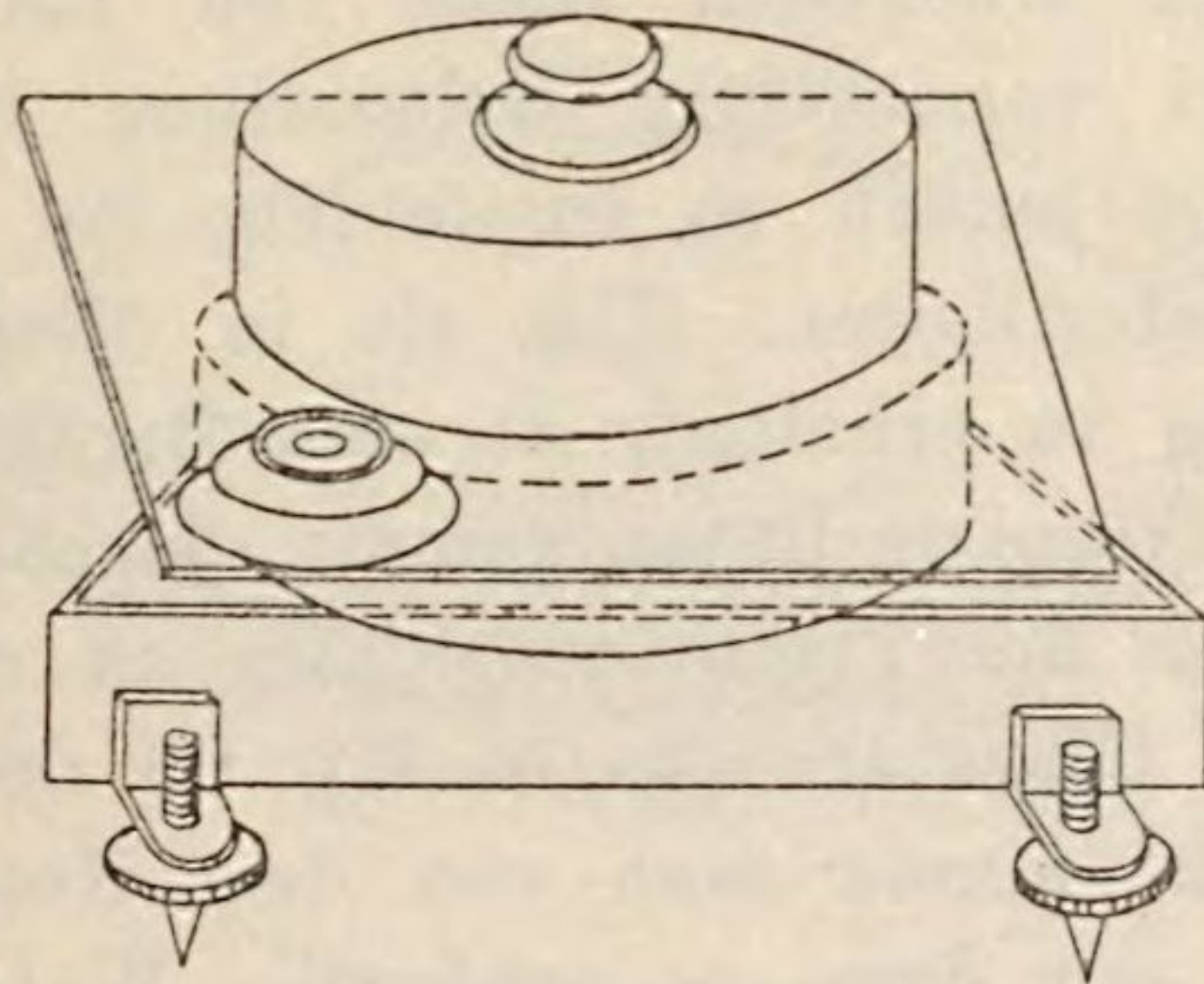


Fig. 69.

Wassers hinzu. Verwendet man zur Verimpfung 0,1 ccm der Mischung, so entspricht dies sonach 0,01 ccm des zu untersuchenden Wassers. Selbstverständlich muss das Reagenzröhrchen und die zu verwendenden Pipetten vor dem Gebrauch steril gemacht worden sein.

Um eine gleichmässige Vertheilung der Bakterien in der Gelatine zu erzielen, muss diese gehörig mit dem zugefügten Wasser gemischt werden. Dies geschieht durch längeres, vorsichtiges Schwenken des Reagenzröhrchens, wobei eine Blasenbildung und die Benetzung des Wattepfropfens sorgfältig zu vermeiden ist.

Bei dem Ausgiessen der Gelatine sind zwei Bedingungen erforderlich, nämlich, dass sie nicht von der Glasplatte abläuft und dass sie auf derselben rasch erstarrt; beide werden durch den vorstehenden Apparat (Fig. 69) erfüllt. Auf einem Dreieck

steht eine Schale, welche mit einer Glasplatte überdeckt ist. Wenn man die Schale mit Eiswasser gefüllt hat, um eine Abkühlung der Glasplatte zu erzielen, so bringt man letztere mittelst der Stellschrauben unter Benutzung einer Dosenlibelle in vollkommen wagrechte Lage. Nun ist der Apparat zum Gebrauch fertig; ein darauf gestellter Glassturz dient dazu, die später hier liegende Gelatine vor dem Hineinfallen von Keimen aus der Luft zu schützen.

Die verflüssigte Gelatine wird auf Platten gegossen, welche aus weissem Fensterglas geschnitten sind; eine handliche Grösse derselben ist ungefähr 10 : 14 cm. Diese müssen natürlich vor ihrer Verwendung steril gemacht werden. Zu diesem Behufe giebt man sie in eine Eisenblechdose und setzt sie in dieser 1 Stunde lang der trockenen Hitze von 150° im Heissluftschrank aus. Bei vorsichtiger Behandlung bleiben dieselben lange steril; es ist jedoch zu empfehlen, sie vor jeder Untersuchungsreihe zu sterilisiren. Um sie in diesem Zustande bis zu ihrer Benutzung zu erhalten, ist eine Berührung der Fläche, auf welche die Gelatine zu liegen kommt, durchaus zu vermeiden. Man fasst vielmehr die Platte vorsichtig an den Rändern und legt sie unter den Glassturz des in Fig. 69 dargestellten Giess-Apparates. Hierauf nimmt man von dem Reagenzröhrchen, in welchem sich die mit dem zu prüfenden Wasser geimpfte und verflüssigte Gelatine befindet, den Wattepfropf ab und erhitzt die Oeffnung an der Flamme. Indem man das Röhrchen in schräger Lage in der Hand behält, um das Hineinfallen von Keimen aus der Luft zu verhüten, wartet man die Abkühlung des vorher erhitzten Theiles ab und giesst hiernach die Gelatine auf der Glasplatte aus. Für die spätere Zählung der sich entwickelnden Keime ist es angezeigt, der Gelatinefläche eine bestimmte Form zu geben; dies kann man erreichen, indem man dieselbe mit dem offenen (noch sterilen) Ende des Röhrchens entsprechend den Rändern der Glasplatte zu einem Rechteck formt.

Sobald die Gelatine erstarrt ist, bringt man die Platte, sie ebenfalls wieder vorsichtig nur an den Rändern berührend, in die „feuchte Kammer“. Unter der feuchten Kammer versteht man einen Raum, in welchem für zureichende Feuchtigkeit der Luft zur Verhütung des Eintrocknens der Platten gesorgt ist. Man erreicht dies, wenn man den Boden einer grossen Glas-

schale, von ungefähr 20 cm Durchmesser, mit einem befeuchteten Filtrirpapier belegt und dies mit einer Glocke überdeckt. Unter derselben (Fig. 70) befinden sich übereinander gestellte Glasbänkchen, auf welche die „Gelatineplatten“ zu liegen kommen. Um ein Abgleiten der letzteren zu verhüten, wird jedes Bänkchen mit einem Streifen Filtrirpapier belegt, welcher jedoch die Ränder desselben nicht überragen darf. Dieser dient zugleich zur Aufzeichnung und Kennzeichnung der betreffenden Platte. Eine Sterilisirung der verwendeten Gegenstände ist bei der Herstellung der feuchten Kammer nicht erforderlich, da diese mit der Gelatine nicht in Berührung kommen. Das früher empfohlene Ausspülen der Glasschale und -glocke mit Sublimatlösung kann man bei sorgfältiger Reinlichkeit entbehren. Es ist sogar wahr-

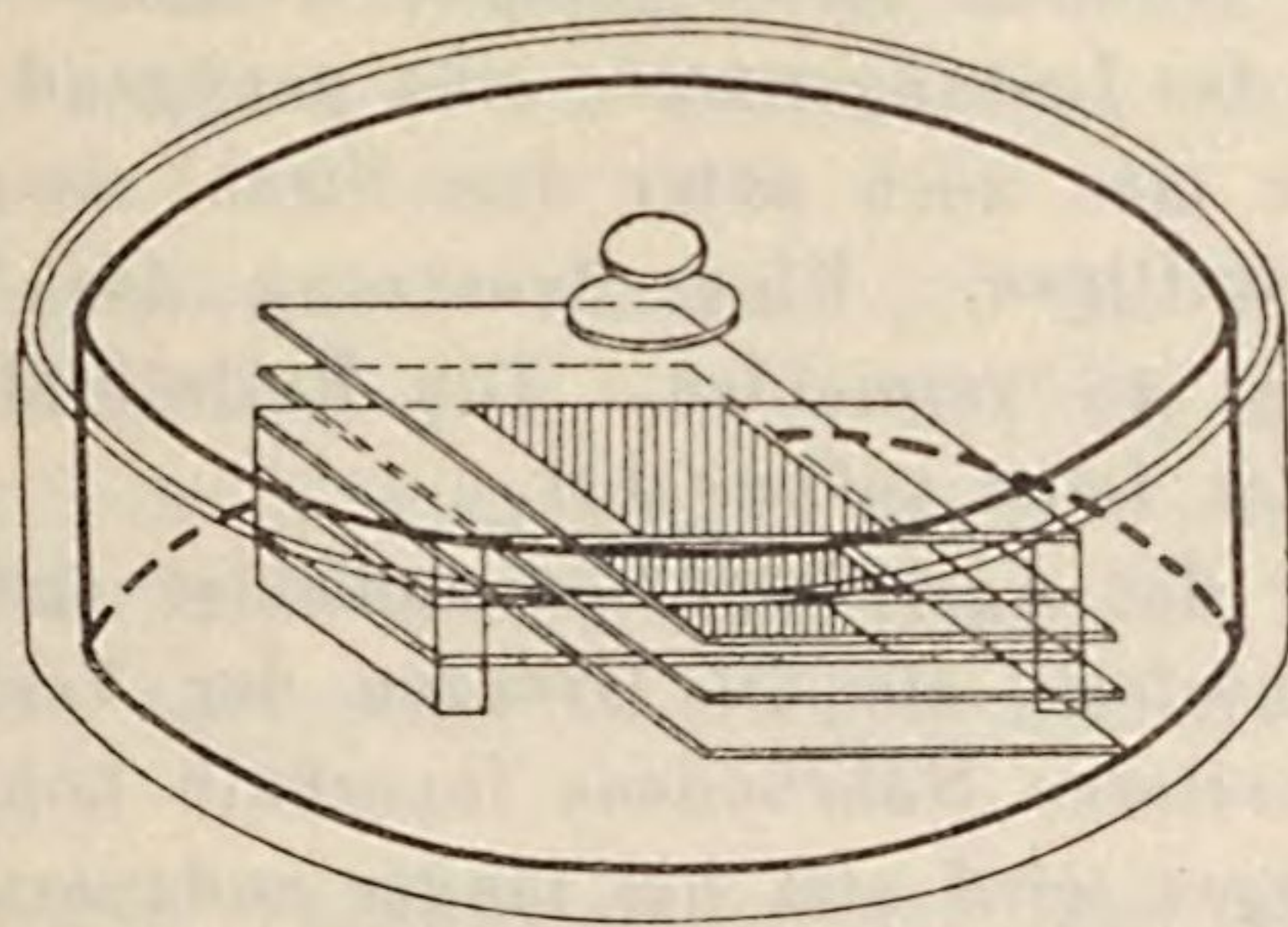


Fig. 70.

scheinlich, dass das verdampfende Sublimat die Entwicklung oberflächlich liegender Keime hemmt. Das Auffallen von Tropfen des Kondenswassers auf die oberste Platte wird verhütet, indem man diese mit einem Glasbänkchen und einer darauf gelegten grösseren sterilen Glasplatte überdeckt.

Eine bequemere Methode der Anlage von Kulturplatten ist durch die Anwendung der Petri'schen Schalen ermöglicht. Dieselben stellen niedrige Glasdosen von 9 cm Durchmesser dar; sie werden vor dem Gebrauche im Heissluftschrank steril gemacht. Wenn dieselben nicht geöffnet an geeignetem Platze aufbewahrt werden, so erhalten sie längere Zeit ihre Keimfreiheit. Bei dem Giessen der Gelatine hebt man sorgfältig den Deckel senkrecht, jedoch nicht zu hoch, auf und lässt die Gelatine unter den gleichen Vorsichtsmaassregeln wie oben in den unteren Theil

der Dose einfließen. Hat man die Gelatine durch leichte Bewegung der Petri'schen Schale gleichmässig auf ihre Unterlage vertheilt, so lässt man sie in wagrechter Lage erstarren.

Von v. Esmarch ging der Vorschlag aus, die geimpfte Gelatine im Reagenzröhrchen selbst in dünner Schicht auszubreiten. Diese Methode der „Rollröhrchen“ ist für manche Fälle sehr zweckmässig, namentlich, wenn es sich um den Nachweis einer geringeren Anzahl von Keimen handelt. Die Herstellung eines Rollröhrchens ist folgende. Die verflüssigte Gelatine wird in gleicher Weise wie vorher mit dem zu untersuchenden Wasser gemischt. Hierauf wird über den Wattepfropf des Röhrchens eine kleine, gut anliegende Gummikappe gezogen und dieses in nahezu wagrechter Lage im Eiswasser um seine Axe gedreht, bis die an den Wänden herumlaufende Gelatine vollständig erstarrt ist. Hat das Leitungswasser eine genügend niedrige Temperatur, so kann man auch unter dem Strahl desselben die Gerinnung bewerkstelligen. Eine Benetzung des Wattepfropfs durch letztere ist zu vermeiden. Die Rollröhrchen werden in nahezu wagrechter Lage aufbewahrt.

Die Anlage der Agarplatte unterscheidet sich von der der Gelatineplatte insofern, als die Grenzen der Verflüssigung und Gerinnung des ersteren Nährbodens innerhalb höherer Temperaturen liegen. Agar wird erst bei länger andauernder Siedehitze flüssig und gerinnt ungefähr bei 40° , wie bereits erwähnt worden ist. Demgemäss ist das Hinzufügen der zu prüfenden Wasserprobe erst dann zu bewerkstelligen, wenn eine schädigende Einwirkung der höheren Temperatur auf die Keime ausgeschlossen ist. Die Agarröhrchen werden in einem Wasserbade von 100° so lange gehalten, bis ihr Inhalt vollständig flüssig geworden ist. Man überlässt hierauf das Ganze sich selbst, bis die Abkühlung so weit gediehen ist, dass ein eingesetztes Thermometer die Temperatur des Wassers auf 40° anzeigt. Hiernach nimmt man erst die Verimpfung vor und verfährt im Uebrigen, wie eben geschildert worden ist. Da man sich sehr nahe an der Gerinnungsgrenze des Agar befindet, so sind die nachfolgenden Maassnahmen des Giessens sehr rasch auszuführen.

Die Agarplatten gewähren den Vorthail, dass sie bei einer höheren Temperatur (Brutschrank) gehalten werden können, wodurch eine schnellere Auskeimung und Bildung von sichtbaren

Kolonien erreicht und demgemäss die Erzielung des Untersuchungsergebnisses in kürzerer Zeit herbeigeführt wird. Sie sind ferner namentlich in denjenigen Fällen zu empfehlen, wo das Vorhandensein vieler die Gelatine verflüssigender Bakterienarten (vergl. S. 137) störend bei der Anwendung der vorher geschilderten Methode auftritt. Hierzu wird auch die Nährgelatine geeignet, wenn man sie mit 1 % Agar versetzt.

Hat man durch eine der beschriebenen drei Arten den Nährboden auf eine grössere Oberfläche zur Gerinnung gebracht, so lässt man die darin einzeln vertheilten Keime zur Auskeimung kommen, indem man die Gelatineplatten oder Rollröhrchen bei Zimmertemperatur nicht unter 15° und nicht über 22°, die Agarplatten durchschnittlich bei 37° hält. In der heissen Jahreszeit sind erstere nach Umständen in einem kühlen Raum, in dem Keller oder in einem mit Eis entsprechend gekühlten Schrank unterzubringen.

Als ein nachtheiliger Einfluss auf die Entwicklung der Bakterien ist in neuerer Zeit von H. Buchner und Anderen die Einwirkung des Sonnenlichtes erkannt worden; aus diesem Grunde wird man den Zutritt direkten Lichtes bei diesen Kulturversuchen sowohl, wie auch den später zu erwähnenden Reinkulturen thunlichst vermeiden.

Als allgemeine Vorsichtsmaassregel mag noch Erwähnung finden, dass der Ort, an dem man die Kulturplatten herstellt und mit denselben hantirt, möglichst staubfrei ist. Unnöthiges Umhergehen sowie alles, was ein Aufwirbeln von Staub bewirkt, ist zu vermeiden, damit der ausgebreitete Nährboden nicht durch hereinfliegende Keime aus der Luft verunreinigt wird.

2. Die Bestimmung der Anzahl der Keime.

Unter den günstigen Wachstumsbedingungen, welche durch den Nährboden und durch die geschaffenen äusseren Verhältnisse (Feuchtigkeit, Temperatur) gegeben sind, vermehrt sich jeder einzelne Keim zu zahllosen, gleichgearteten Individuen, welche in Folge ihrer Massenhaftigkeit nach gewissen Zeiten mit unbewaffnetem Auge, oder doch schon bei mässigen Vergrösserungen als „Kolonie“ erkennbar sind. Von der fast durchwegs sicheren Annahme ausgehend, dass jede einzelne der Kolonien ihre Ent-

stehung nur einem Keime verdankt, ist eine Zählung derselben der Bestimmung der Anzahl der ursprünglich vorhanden gewesenen Keime gleichbedeutend.

Nur in denjenigen Fällen, in welchen das Wasser einen geringen Bakteriengehalt aufweist, wird es möglich sein, die Zahl der Kolonien absolut genau zu bestimmen; meistens wird man sich mit einer abgerundeten Schätzung begnügen müssen. Allerdings werden bei Verwendung der zum Zählen konstruirten Apparate Resultate erzielt, welche der Wirklichkeit sehr nahe kommen und für die hygienische Beurtheilung ausreichen. Ein

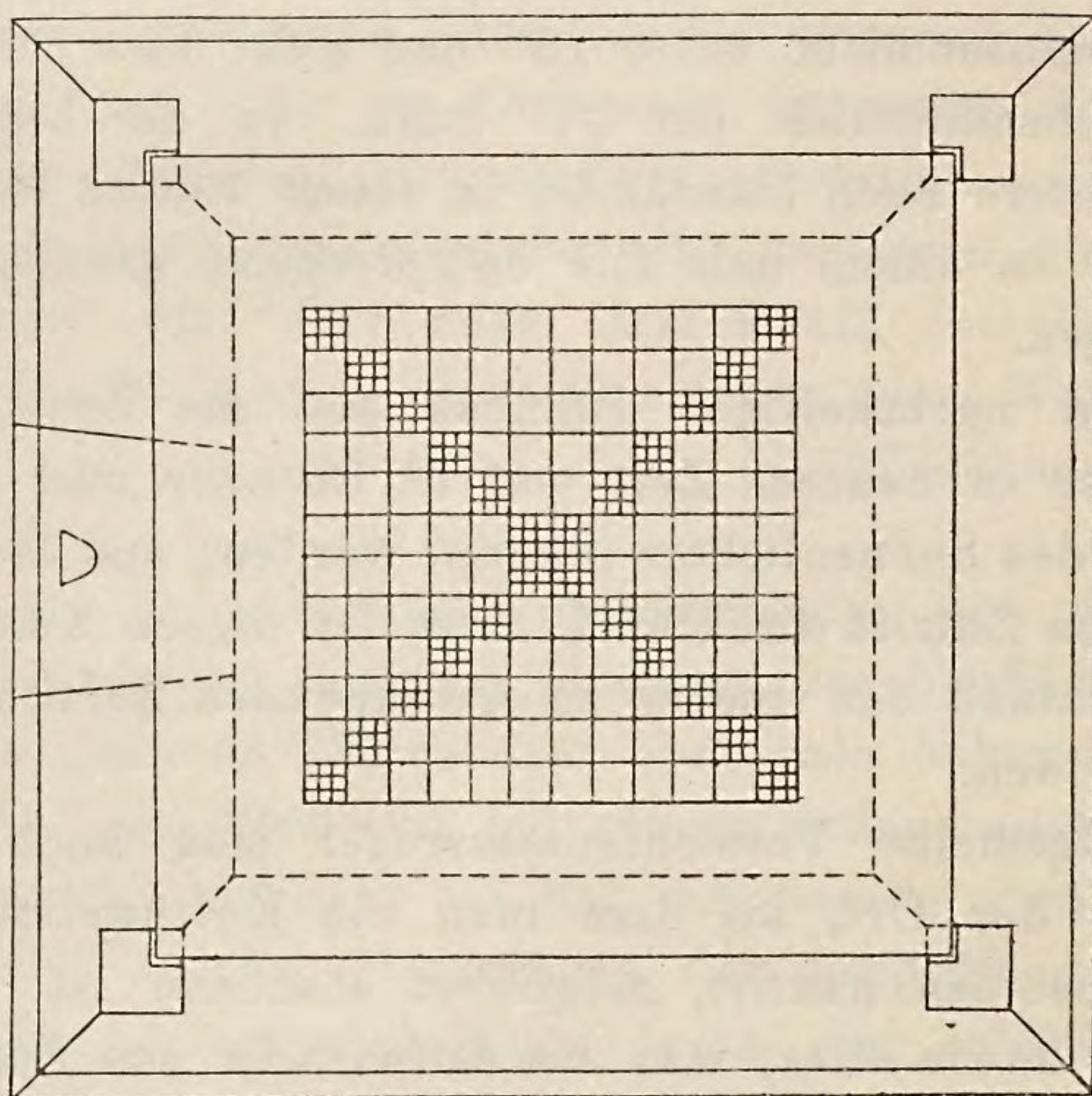


Fig. 71.

solcher wurde zuerst von Wolffhügel konstruirt, der zweckentsprechend ist. Auf geeignetem Holzgestelle (Fig. 71) ruht eine Glasplatte, auf welcher Felder von 1 □ cm Fläche eingeritzt sind; manche derselben weisen durch Parallel-Linien noch eine weitere Theilung in $\frac{1}{9}$ □ Centimeter auf, um die Zählung dicht gedrängt stehender Kolonien zu erleichtern. Durch eine Schwärzung des Holzgestelles unter dieser Glasplatte heben sich die Kolonien deutlich ab und sind mittelst einer Lupe gut erkennbar. Die Handhabung des Apparates besteht darin, dass man die Kulturplatte auf die eben beschriebene Glasplatte legt und mittelst der Lupe mehrere Quadrate (nicht unter zehn) auszählt. Man

wird hierbei auf die mehr oder minder dicht bewachsenen Stellen Rücksicht nehmen und demgemäss die Felder, auf welche viele oder wenige Kolonien treffen, in nahezu gleicher Anzahl auswählen. Jedes gezählte Feld wird mit einer Marke bedeckt, um Wiederholungen zu vermeiden. Aus den erhaltenen Zahlen berechnet man, wie viele Kolonien durchschnittlich auf 1 □ cm treffen; das Ergebniss multiplicirt man mit der Anzahl der Quadratcentimeter der Gelatinefläche und erhält hierdurch annähernd die Anzahl der in der verwendeten Wassermenge ursprünglich vorhandenen Bakterien.

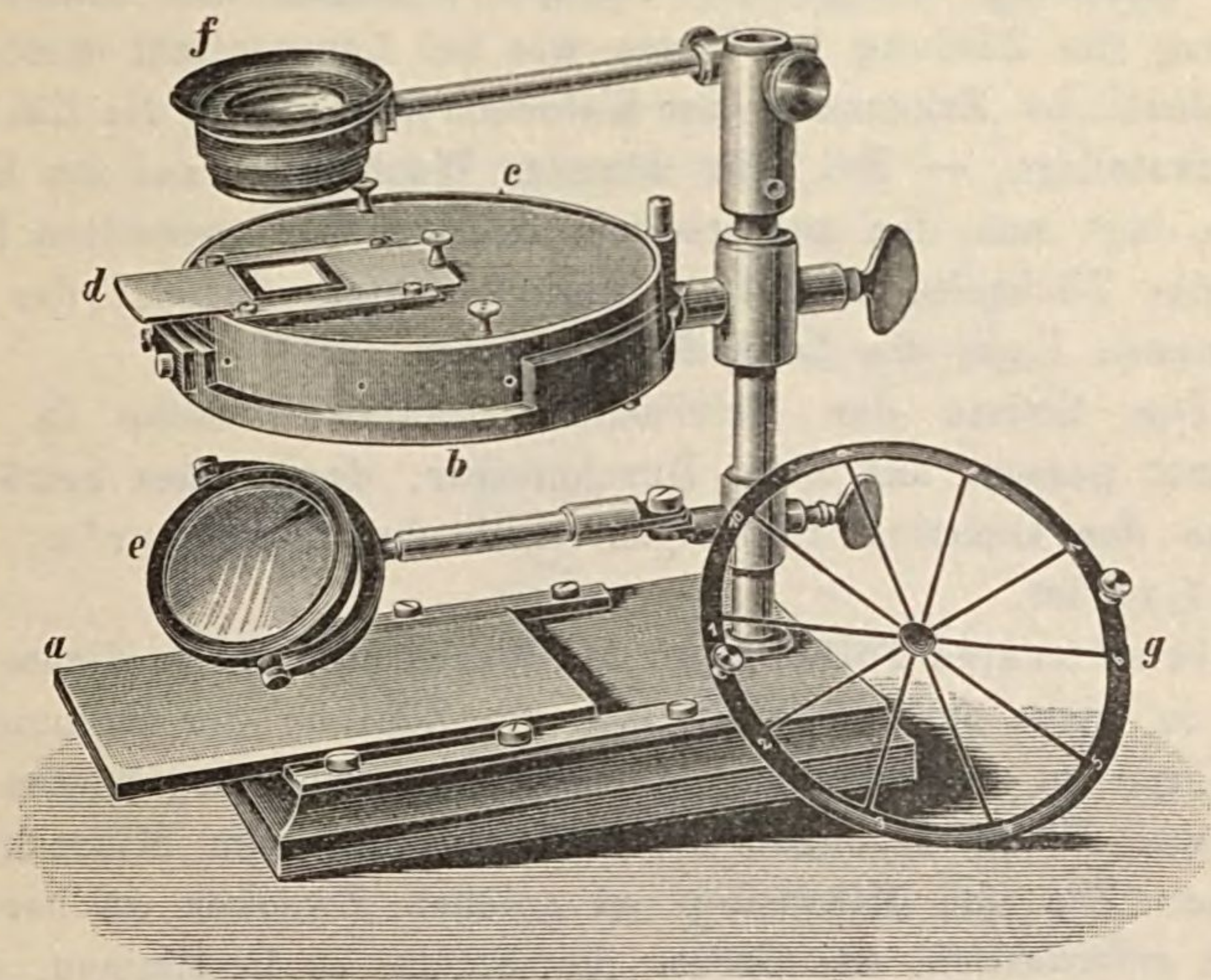


Fig. 72.

Bei diesem Verfahren ist eine gewisse Subjektivität nicht ausgeschlossen, da die Auswahl der Quadrate in dem Belieben des Untersuchers steht. Diesem Einwand suchte Heyroth zu begegnen durch die Konstruktion eines anderen Zählapparates, der allerdings nur für Kulturplatten in Petri'schen Schalen Verwendung finden kann. Die Bauart des Apparates (Fig. 72) ist folgende: In den Fuss des Statives ist eine schwarz gebeizte Holzplatte *a* eingelassen, welche als Hintergrund dient; an demselben ist der Zähl Tisch *b* festgeschraubt. Die Rundung desselben beherbergt einen Ring, in welchen die Petri'sche Schale so ein-

gelegt wird, dass die untere Fläche der Gelatineplatte nach oben gerichtet ist. Dieser Ring hat aussen eine Eintheilung in 10 gleich weit entfernte Punkte, in welche eine Feder einschnappt; durch seine Drehung kann man somit 10 verschiedenen Stellen der Platte zur Besichtigung bringen. Der Zähl Tisch ist mit einer Platte bedeckt, welche einen stellbaren Schieber d mit einem Fensterchen trägt, in welches Rähmchen von 1,0 bis 0,1 $\square$ cm Lichtweite eingelegt werden. Je nach Stellung des ersteren kann man die Quadrate in einem grösseren oder kleineren Kreise zählen. Zur günstigen Beleuchtung der Kolonien ist ein nach jeder Richtung beweglicher Spiegel e angebracht, dessen Benutzung die Zählung bei Tages- wie bei Lampenlicht ermöglicht. Die deutliche Erkennung der Kolonien wird durch die Zähl lupe f bewerkstelligt. — Bei sehr dünnem Wachsthum auf der Kulturplatte legt man den anliegenden, in Segmente getheilten Kreis g auf die Rückseite derselben und bestimmt mittelst der abgenommenen Lupe die Zahl der Kolonien.

Die Grösse der Petri'schen Schalen, welche in diesen Apparat passen, hat 9 cm Durchmesser; demgemäss beträgt die Fläche der Gelatine 63,5 qcm nach der Formel $r^2\pi$, wobei $\pi = 3,14$ ist.

In selteneren Fällen kann das Wachsthum ein so dichtes sein, dass es nicht mehr möglich ist, die Zählung der Kolonien mit der Lupe zu bewerkstelligen. Man ist daher angewiesen, sich stärkerer Vergrösserungen zu bedienen und zum Mikroskop zu greifen. Um das Mikroskop zu solchen Zwecken zu benutzen, ist es erforderlich, die Grösse der Fläche zu bestimmen, welche bei einem bestimmten Okular und Objektiv sichtbar wird, indem man den Durchmesser des sichtbaren Kreises mit einem Mikromillimeter-Maassstab misst und dessen Fläche unter Berücksichtigung der jeweiligen Vergrösserung nach $r^2\pi$ berechnet. Solche Bestimmungen können nur dann Anspruch auf Zuverlässigkeit haben, wenn die Vertheilung der Kolonien auf der Platte eine sehr gleichmässige ist, und die Menge derselben in recht zahlreichen Gesichtsfeldern ermittelt worden ist.

Zur Zählung der in einem Rollröhrchen sich entwickelnden Kolonien ist von v. Esmarch ein zweckmässiger Apparat (Fig. 73) konstruirt worden. Derselbe besteht in einer Klammer, die zur Aufnahme des Röhrchens dient. Ein daran befindlicher Schieber

ermöglicht die Einstellung eines Quadratcentimeters, oder des Theiles eines solchen, auf der Gelatinefläche. Eine verstellbare Lupe und eine schwarze Glasplatte als Unterlage dienen zur deutlichen Erkennung der einzelnen Kolonien.

Die Frage, wann solche Kulturversuche auf der Platte, in der Petri'schen Schale oder im Rollröhrchen zum Zählen reif sind, lässt sich zeitlich genau nicht abgrenzen, da die Entwicklung der einzelnen Bakterien zu sichtbaren Kolonien von vielen äusseren Umständen, insbesondere von der obwaltenden Temperatur abhängig ist, und anderseits das Wachsthum der verschiedenen Arten ein schnelleres oder langsames sein kann. Im

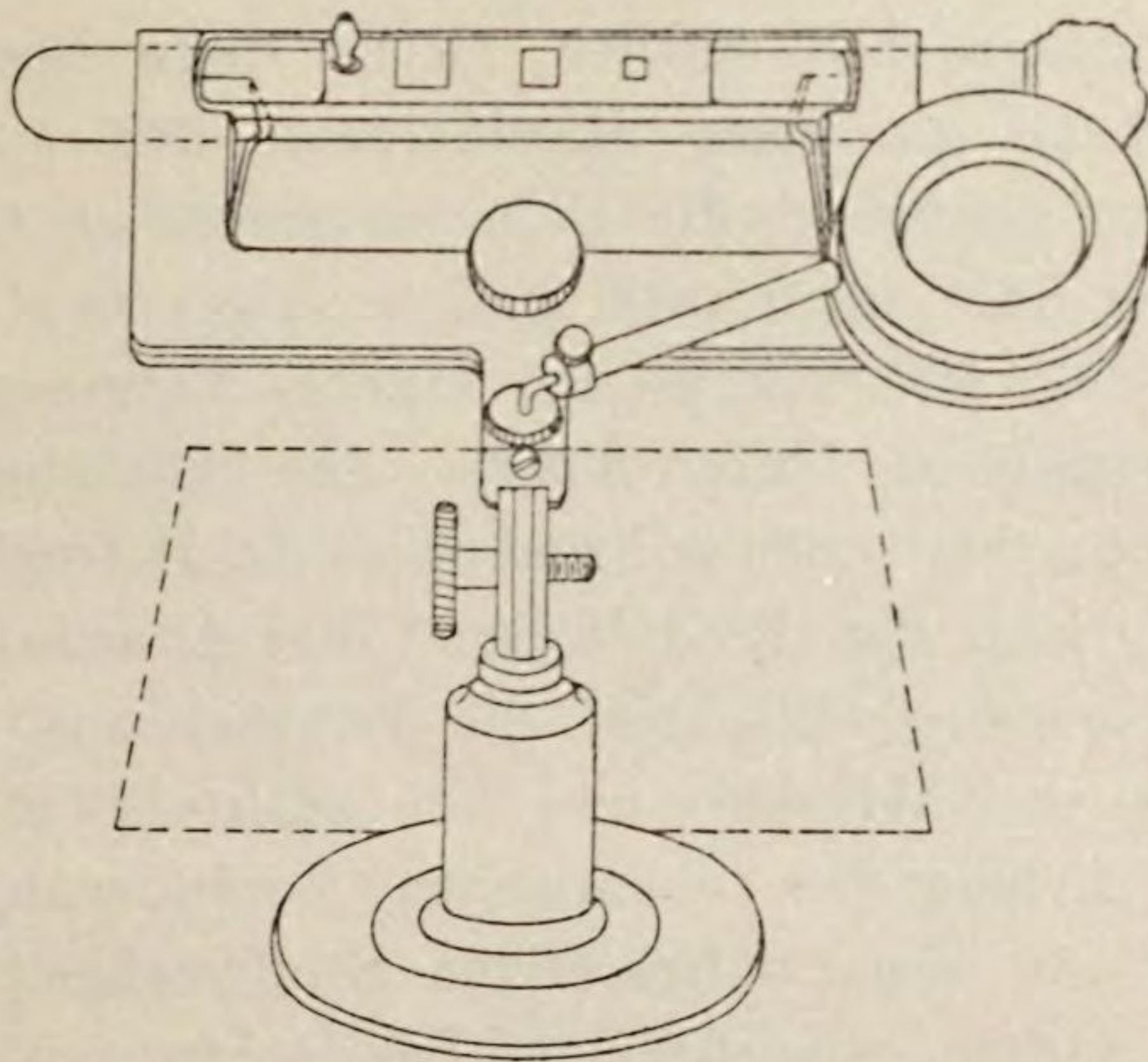


Fig. 73.

Allgemeinen kann man sagen, dass dann der richtige Zeitpunkt für diesen Theil der bakteriologischen Wasseruntersuchung gegeben ist, wenn alle Kolonien unter der angewandten Vergrößerung deutlich als solche erkennbar sind. Manche Keime besitzen die Eigenschaft, die Gelatine chemisch zu verändern, indem sie, peptonisirend wirkend, dieselbe verflüssigen. Hierdurch entsteht die Gefahr, dass solche Kolonien in einander überfließen, wobei sie als einzelne nicht mehr bestimmbar sind. Wenn auch die Erhaltung der Kreissegmente die Bestimmung im vorgeschrittenen Stadium noch ermöglicht, so mahnt doch das Ineinanderfließen zum Abschluss der Untersuchung, da hierbei festwachsende Keime betroffen werden können, deren Entwicklung

eine langsamere ist. Die beigegefügte Tafel zeigt eine solche Platte, welche zum Zählen geeignet ist. Dieselbe ist hergestellt, indem man eine geöffnete Petri'sche Schale auf Kopirpapier aufgelegt und hierauf die direkten Sonnenstrahlen hat einwirken lassen. Es ist nur hierbei darauf zu achten, dass letztere senkrecht auffallen.

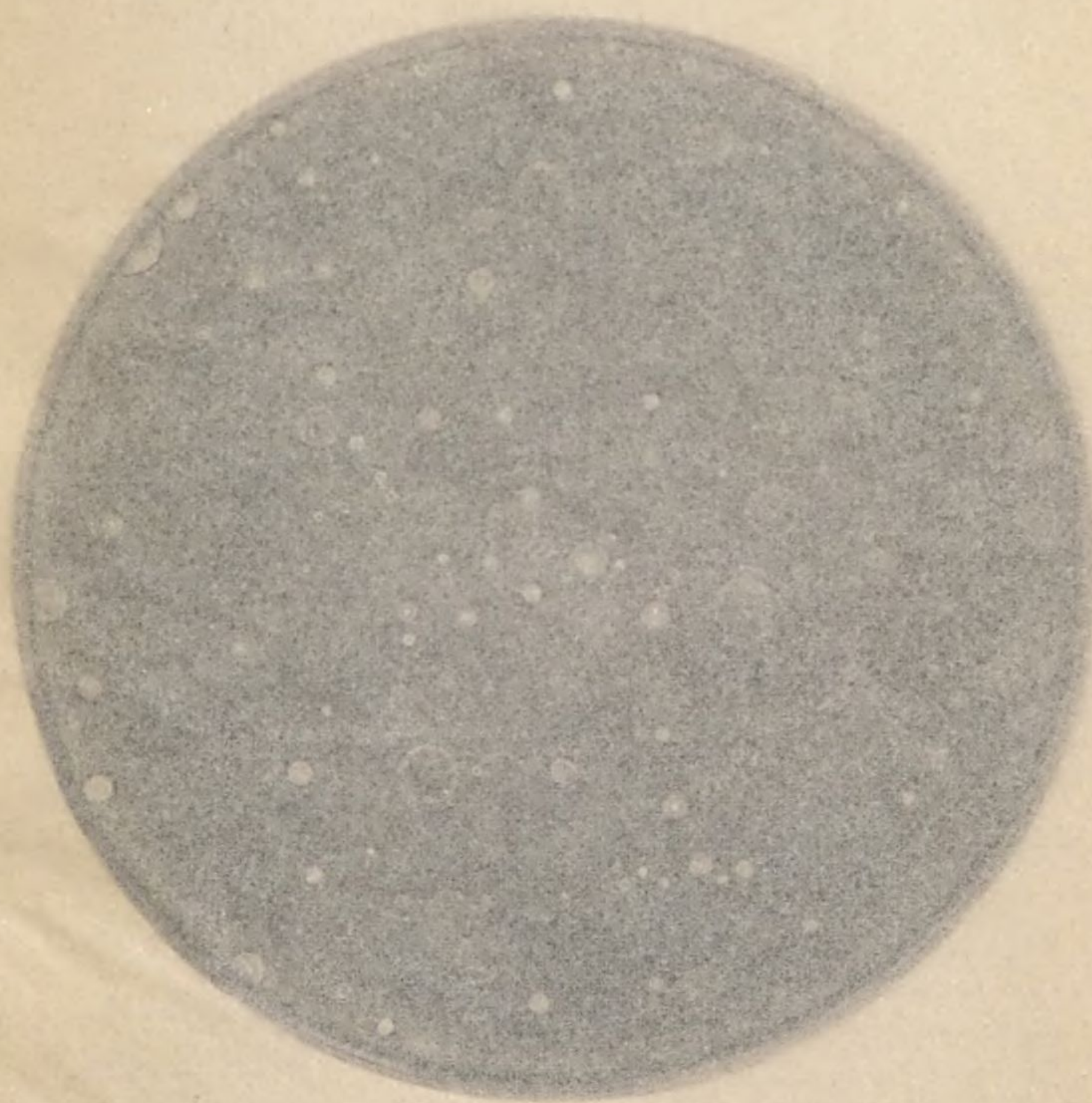
Die Zahl der Keime wird auf 1 ccm Wasser berechnet und in dieser Weise zum Ausdruck gebracht.

3. Die Bestimmung der Arten der Keime.

Wenn auch bereits verschiedene Formen der Bakterien namhaft gemacht worden sind, welche für eine Eintheilung derselben in Klassen angesprochen wurden, so ist diese Beobachtung doch nicht ausreichend zu einer Specificirung der einzelnen Arten. Hierfür ist nur genügend die Uebereinstimmung einer Reihe von Merkmalen der Reinkultur unter gleichzeitiger Kontrolle der Einzelwesen unter dem Mikroskope bei starker Vergrößerung. Die in Betracht kommenden Unterschiede, das Aussehen der Kolonie bei makroskopischer und mikroskopischer Betrachtung, die verschiedenen Formen der Einzelwesen, ihre Anordnung im Wachsthum, ihre Bewegungsfähigkeit, die Entwicklung der Reinkultur auf verschiedenen Nährböden und bei wechselnden Temperaturen, die hierbei entstehenden chemischen Veränderungen des Nährmediums und die etwa auftretenden Stoffwechselprodukte, diese sowie noch andere einschlägige Beobachtungen sind für die Diagnostik der Bakterienarten tabellarisch verzeichnet, oder, insoweit es sich um bildliche Darstellungen handelt, auf photographischem Wege naturgetreu dargestellt worden.

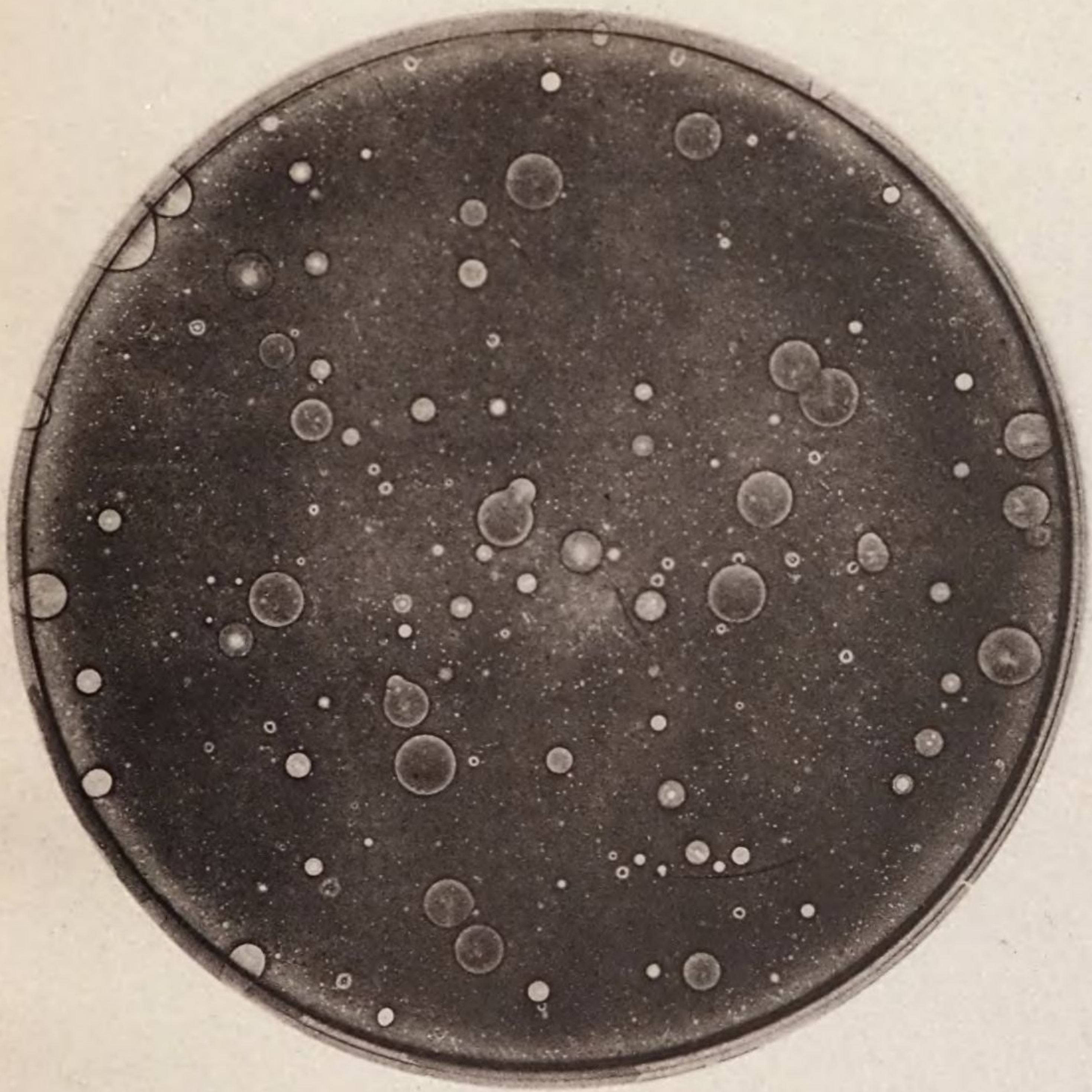
Es würde den Rahmen des vorliegenden Werkes über Gebühr erweitern, wollte man auf eine gesonderte Darstellung solcher Befunde bei den im Wasser vorkommenden Bakterien des Näheren eingehen; es muss vielmehr auf die bakteriologische Diagnostik, Hilfstabellen zum praktischen Arbeiten von James Eisenberg, auf die Diagnostik der Bakterien des Wassers von A. Lustig (ins Deutsche übersetzt von R. Teuscher) und auf den mikrophotographischen Atlas der Bakterienkunde von C. Fraenkel und R. Pfeiffer verwiesen werden. Im Nachfolgenden sind nur die Erscheinungen geschildert, welchen bei den beschriebenen Züchtungsmethoden eine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden ist. Bei dem stetig

Ohlmüller.



Kulturplatte aus 0,1 ccm eines bakterienreichen Wassers hergestellt.

Ohlmüller.



Kulturplatte aus 0,1 ccm eines bakterienreichen Wassers hergestellt.

fortschreitenden Studium der Bakteriendiagnostik muss die Möglichkeit, solche weiter auszubauen, betont werden, immerhin werden dieselben zur Richtschnur hierfür dienen.

a) Das makroskopische Aussehen der Kolonien.

Schon während des Wachstums der Kulturplatte machen sich Unterschiede an den Kolonien bemerkbar, welche sich für eine Differenzirung verwerthen lassen. Wir beobachten die ungleiche Entwicklungsenergie in der Grösse der letzteren und in deren Form. Wie bereits angedeutet worden ist, unterscheiden wir „festwachsende“ und „verflüssigende Bakterien“; erstere erscheinen als körperhafte, kugelige oder ovale Gebilde in der Gelatine, während letztere als flache, eingesenkte, mehr oder minder kreisrunde Scheiben auftreten, welche nach Umständen eine centrale Aufhäufung der Bakterien oder eine radiäre oder andere Anordnung derselben in Form von Punkten oder Streifen erkennen lassen.

Zu verwerthen ist auch die Farbstoffbildung gewisser Bakterien; diese liegt nie innerhalb des Bakterienkörpers, sondern ist als ein gewissermaassen intercellulares Ausscheidungsprodukt aufzufassen. Die Wahrnehmungen in dieser Hinsicht sind die mannigfaltigsten und bewegen sich in zahlreichen Farbentönen, zu welchen sich hin und wieder Brechungserscheinungen des auffallenden Lichtes in Form der Fluorescenz gesellen.

b) Das mikroskopische Aussehen der Kolonien.

Noch mannigfaltiger sind die Unterschiede der Kolonien bei der Durchmusterung unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrösserung. Die Lichtfülle, welche der Abbe'sche Beleuchtungsapparat bietet, ist hierbei genügend abzublenzen. Wir begegnen hier einer Reihe von verwerthbaren Merkmalen. Die Ränder der Kolonien lassen Verschiedenheiten in mancher Hinsicht erkennen; sie können scharf geschnitten sein, oder sie sind durch unregelmässige Linien begrenzt, hier und da auch strahlenförmige Fortsätze oder Franzen aussendend. Mitunter ist die Grenzzone gegen die Gelatine hin nicht scharf abgesetzt, sondern sie schiebt sich über dieselbe, sich allmählich im Dickendurchmesser verjüngend, hin, so dass sie schliesslich das Bild eines äusserst zarten Häutchens darbietet. Das Zustandekommen dieser

Beobachtung erklärt sich durch ein fortkriechendes peripheres Oberflächen-Wachsthum der Kolonie; insofern dieses stärker ist als im Centrum, so kommt es zu wallartigen Aufwerfungen. Je nachdem sich dieser Vorgang gleichmässig am Umfang der Kolonie abspielt oder nicht, beobachten wir einerseits der Kreisform sich annähernde Figuren, oder andererseits gelappte Gebilde.

Ebenso wie der Körper, so ist auch die Oberfläche der Kolonien in ihrer Gestaltung eine wechselnde; bei den festwachsenden (zum Theil auch bei den verflüssigenden in ihren jüngsten Stadien) tritt eine verschiedenartige Körnung auf, welche als feinste Granulirung bis zu deutlich erkennbaren Unebenheiten in die Erscheinung tritt. Solche Bilder lassen sich namentlich durch eine geringe excentrische Stellung der Blende schön erzielen. Bei den verflüssigenden Bakterien führt die Bildung des Trichters in der Gelatine entsprechend dem Neigungswinkel desselben wechselnde Lichtbrechungserscheinungen herbei, welche je nach der tieferen oder oberflächlichen Einstellung als schwarze, in ihrem Durchmesser und ihrer Dicke sich verändernde Ringe erscheinen (Cholera auf Gelatine). Fernerhin verdient der Mittelpunkt der Kolonien besondere Beachtung; häufig ist der Bau derselben kein gleichmässiger, sondern es findet eine centrale Anhäufung der Bakterienmasse statt, die in Form eines mehr minder scharf begrenzten Kernes zu erkennen ist. Diese Erscheinung tritt bei beiden Wachstumsformen auf; bei den verflüssigenden findet sich oft noch eine speichenförmige Anordnung, welche durch dichte zusammengelagerte Massen hervorgerufen ist.

Noch deutlicher als mit dem unbewaffneten Auge sind unter dem Mikroskope Farbenunterschiede wahrzunehmen, dieselben wechseln von den sattesten Tönen bis zu den feinsten Nuancen. Man wird hier gut thun, selbst scheinbar geringe Abweichungen durch weitere Prüfung aufzuklären. Hierbei ist auch der Glanz der Farben und die Transparenz besonders zu berücksichtigen.

Was die Grösse der Kolonien betrifft, so erscheint im Allgemeinen die Annahme gerechtfertigt, dass unter den obwaltenden gleichen Ernährungs- und Entwicklungs-Bedingungen dieselbe bei gleichgearteten Individuen gleiche Dimensionen annehmen müsse; es treten jedoch bei dem Bakterienleben Umstände in den Vordergrund, welche eine solche Behauptung nicht für alle Fälle als zutreffend erscheinen lassen. Jeder Organismus erzeugt

Stoffwechselprodukte, deren Anhäufung ihm oder anderen nicht zuträglich ist. Derartige Verhältnisse sind durch biologische Studien in der Bakterienkunde wiederholt bekannt geworden; da sich die Diffusion solcher Stoffe im Nährboden nicht von der Hand weisen lässt, so müssen wir sogar an eine Fernwirkung derselben denken, um das Zurückbleiben gleichgearteter Kolonien gegenüber anderen zu erklären. Immerhin wird das Merkmal der Grösse zu würdigen sein, wenngleich es in zweifelhaften und auffallenden Fällen der Bestätigung durch die weiteren Untersuchungsmethoden bedarf.

c) Die Beobachtung der Lagerung der Bakterien in der Kolonie.

Bei der Schilderung der Verschiedenheit der einzelnen Kolonien wird schon die Vermuthung aufgetaucht sein, dass diese durch die Art des Wachstums der Bakterien bedingt sein mag, je nachdem dasselbe als ein kettenförmiges Aneinanderreihen oder als Haufenbildung auftritt. In der That ist ihre Lagerung in in vielen Fällen bedingend für die Form der Kolonie und ist auch als Erkennungsmerkmal ab und zu zu verwerthen.

Das endständige Wachsthum verleiht den Kolonien der Proteus-Arten, des Milzbrands, des Typhus-, Cholera- und Tuberkel-Bacillus ihre unregelmässige Grenzen, während die haufen- oder traubenförmige Anordnung mehr rundliche Koloniengebilde im Gefolge hat.

Die Methode, die einzelnen Bakterien in ihrer örtlichen Anordnung zur Anschauung zu bringen, ist durch die Fertigung eines „Klatschpräparates“ gegeben. Zur Herstellung eines solchen legt man ein wohlgereinigtes Deckglas auf eine an der Oberfläche der Gelatine oder des Agar befindliche Kolonie und drückt dasselbe sanft an, Verschiebungen dabei sorgsam vermeidend. Nach vorsichtiger Entfernung lässt man die anhaften Koloniereste in der Luft antrocknen und zieht das Deckglas mehrmals ziemlich rasch durch die Flamme, damit letztere anhaften. Die Färbung und Weiterbehandlung wird nach einer der später angegebenen Methoden (vergl. S. 143) bewerkstelligt.

d) Die Beobachtung der Form der Bakterien.

Schon durch das Klatschpräparat wird man sich von der Form der Bakterien überzeugen können; es ist jedoch angezeigt,

letztere gewissermaassen in isolirtem Zustande zur Anschauung zu bringen und dies wird durch das „Ausstrichpräparat“ erreicht. Zu diesem Behufe bringt man auf ein gereinigtes Deckglas*) ein Tröpfchen destillirten (zweckmässig sterilisirten) Wassers. Mittelst eines Platindrahtes, welcher in das eine Ende eines Glastabes eingeschmolzen ist („Platin- oder Impfnadel“) entnimmt man etwas von der zu untersuchenden Kolonie und streicht die haftengebliebenen Theilchen derselben gleichmässig auf dem Deckglas durch Verreiben aus. Man hüte sich, zu viel von der Kolonie zu verwenden, da die Lagerung der Bakterien leicht zu dicht wird. Vor der Entnahme muss die Platinnadel in der Flamme ausgeglüht sein, damit sie steril ist, und sie darf erst nach vollständiger Erkaltung verwendet werden. Ebenso wird man sie nach dem Gebrauche sofort ausglühen, um eine Verschleppung von (etwa pathogenen) Keimen zu vermeiden. Bei grossen Kolonien wird das Einsenken der Drahtspitze leicht mit unbewaffnetem Auge gelingen, bei kleinen dagegen ist man öfter genöthigt, sich schwacher Vergrösserungen des Mikroskopes zu bedienen. Man biegt sich dann die Spitze im schwachen Bogen nach abwärts und verfolgt deren Weg unter dem Mikroskop. Zur sicheren Führung der Platinnadel legt man die rechte Hand an den Objektisch oder auf eine Unterlage von der gleichen Höhe auf.

Um von einer Kolonie im Rollröhrchen zu entnehmen, biegt man die Spitze der Platinnadel etwas schräge. Bei der Einführung der Nadel in das Innere des Röhrchens ist darauf zu achten, dass man mit dem Glasstab die Gelatineschicht nicht berührt.

Sobald das Deckglaspräparat lufttrocken geworden ist, zieht man es mehrmals durch die Flamme, um die Bakterien zu befestigen, damit sie bei der nachfolgenden Färbung nicht abgespült

*) Ein praktischer Vorschlag zur Aufbewahrung und Reinigung der Deckgläser mag an dieser Stelle noch Erwähnung finden. Dieselben sind meistens mit einer leichten, fettigen Schicht überzogen, sodass sich das Wasser beim Ausstreichen der Bakterien immer zurückzieht. Zur Beseitigung derselben bewahrt man die Deckgläser zweckmässig in einer mit Alkohol zum Theil gefüllten, verschliessbaren Glasdose; aus derselben entnimmt man sie kurz vor dem Gebrauche und reinigt sie mit einem Lappen von Putzleder.

werden. Erhitzt man zu stark, so erleiden die Bakterien eine Einbusse, Farbstoffe aufzunehmen. Ehe wir die Ausführung der Färbung schildern, müssen wir zunächst die Darstellung der Farblösungen beschreiben.

e) Die Darstellung der Farblösungen.

Die verschiedenen Methoden der Färbung der Bakterien verfolgen nicht nur den Zweck, ein besser erkennbares Bild derselben und deren Theile zu erreichen, sondern sie sind auch für manche Fälle als eine mikrochemische Reaktion aufzufassen und bilden in dieser Hinsicht ein werthvolles Glied in der Bakterien-diagnostik. Nicht alle Bakterien verhalten sich in ihrer Färbbarkeit gleichmässig; die einen nehmen den Farbstoff leicht, die anderen schwer auf, oder geben ihn in Alkohol, verdünnten Säuren u. dergl. wieder ab oder nicht. Auch hinsichtlich der Farbstoffe bestehen Unterschiede, indem der eine oder andere sich mehr oder weniger für eine Bakterienart eignet. Bezüglich solcher Einzelheiten muss auf die oben angeführten Werke bakteriologischer Diagnostik (S. 138) verwiesen werden. Sehr zahlreiche Farblösungen sind für bestimmte Zwecke zusammengestellt worden, zur Wasseruntersuchung sind drei für die meisten Fälle ausreichend; die Bereitung derselben soll im Nachfolgenden erörtert werden.

1. Die Löffler'sche alkalische Methylenblau-Lösung wird hergestellt, indem man 30 ccm konzentrierter alkoholischer Methylenblaulösung mit 100 ccm Kalilauge von der Konzentration (1 : 10 000) versetzt.

2. Die Ziehl'sche Karbolsäure-Fuchsinlösung wird bereitet, indem man 1 g Fuchsin mit 100 ccm 5 procentiger Karbolsäurelösung verreibt und hierbei nach und nach 10 ccm Alkohol hinzufügt.

3. Die Ehrlich'sche Gentianaviolett-Lösung. Die Darstellung derselben geschieht in folgender Weise. Man schüttelt 4 ccm Anilin (Anilinöl) mit 100 ccm destillirten Wassers kräftig durch, wobei ein Antheil des ersteren in Lösung geht; der ungelöste ölige Rest wird durch Filtration mittelst eines angefeuchteten Filters abgeschieden. Zu dieser klaren Flüssigkeit werden 11 ccm einer konzentrirten alkoholischen Lösung von Gentianaviolett unter Umschütteln hinzugesetzt. Die Farbstoff-

lösung setzt in der ersten Zeit Farbniederschläge ab und kann deshalb erst nach 24 Stunden in Gebrauch genommen werden.

Zur Unterscheidung mancher Bakterienarten ist die von Gram angegebene Färbungsmethode sehr geeignet. Nach seiner Vorschrift färbt man zuerst 1—2 Minuten in Ehrlich'scher Gentianaviolettlösung, und legt dann das abgespülte Präparat 1 Minute lang in eine Jod-Jodkalilösung, welche aus 1 Theil Jod, 2 Theilen Jodkali und 300 Theilen Wasser besteht, bringt dasselbe hierauf in absoluten Alkohol für einige Minuten bis zur eingetretenen vollständigen Entfärbung. Hierdurch ist beispielsweise der Typhusbacillus von anderen Keimen zu unterscheiden; dieser wie auch der Choleravibrio und der Milzbrandbacillus färben sich durch dieses Verfahren nicht oder, besser gesagt, sie geben hierbei den aufgenommenen Farbstoff wieder ab.

Zur Aufbewahrung der Farblösungen ist zu bemerken, dass es sich empfiehlt, diese in kleinen 100 ccm fassenden Arzneiflaschen zu halten, deren durchbohrter Stöpsel mit einem unten zu einer Spitze ausgezogenen Glasrohr nach Art einer Pipette versehen ist. Letztere darf nie ganz bis zum Grunde der Flasche reichen, um etwaige Farbniederschläge nicht mit aufzunehmen.

Wenn es sich darum handelt, eine einfache Färbung der Bakterien vorzunehmen, so giebt man auf die Deckglasfläche, an der sie haften, einige Tropfen Farblösung, so dass sie von derselben bis zu ihren Rändern vollständig bedeckt ist. Nach einigen Minuten ist eine hinreichende Tinktion der Keime erfolgt. Will man den Vorgang beschleunigen oder eine intensivere Färbung erzielen, so erhitzt man die Farblösung, bis sie zu dampfen beginnt, indem man das Deckglas mit einer Pincette fasst und wagrecht über einer Flamme hin und her bewegt. Hierauf spült man das Deckglas ab, legt es mit der gefärbten Fläche auf einen Objektträger und entfernt das überschüssige Wasser durch Aufdrücken von Filtrirpapier. Das Präparat ist nunmehr zur Besichtigung fertig, welche bei offenem Abbe'schen Kondensor geschieht.

Die Sporen widerstehen dieser Färbung; sie nehmen die Farbe nur bei längerer Andauer eines höheren Hitzegrades auf. Zu diesem Behufe giebt man in ein Porzellanschälchen die Farblösung (am besten die Ziehl'sche), legt das Deckglaspräparat hinein und erhitzt bis zum Sieden; nach einer Pause von 1 Minute

wiederholt man den Vorgang und führt ihn in dieser Weise ungefähr fünfmal aus. Das Präparat kommt hiernach 1 Minute lang in 3 procentigen Salzsäurealkohol, worin sich die vegetativen Formen entfärben. Nach dem Auswaschen kann man diese mit einer Kontrastfarbe (Methylenblau) nachfärben. (Günther.)

Eine besondere Technik erfordert die Färbung der Geisseln, welchen die Bakterien ihre Bewegung verdanken. Um das Abreißen derselben thunlichst zu vermeiden, muss man bei dem Ausstreichen der Bakterienmasse auf dem Deckglas sehr vorsichtig zu Werke gehen und unnöthiges Verreiben unterlassen. Zur Erzielung der Aufnahme des Farbstoffs ist eine Beizung voranzuschicken. Nach Löffler's Angabe, dem Entdecker dieser Färbemethode, besteht diese Beize aus 10 ccm Tanninlösung (20 Tannin + 80 Wasser), welcher 4 ccm kaltgesättigter Ferrosulfatlösung zugesetzt sind; zu 16 ccm dieser Beize giebt man tropfenweise 1 procentige Natriumhydratlösung, bis man für die jeweilige Bakterienart die beste Beizkraft erreicht hat. Alte Beizen wirken besser als frisch bereitete. Die Färbung führt man zweckmässig mit Ziehl'scher Lösung oder einem anderen gut tingirenden Farbstoff aus. Zur Fertigung von guten Präparaten empfehlen sich besonders junge Kulturen. Im Uebrigen weicht die Behandlung des Präparates von der vorher geschilderten nicht ab.

f) Die Beobachtung der Bakterienbewegung.

Wie schon erwähnt, kommt manchen Bakterienarten die Fähigkeit einer Eigenbewegung zu. Die Beobachtung derselben unter dem auf planem Objektträger aufliegenden Deckglase führt zu häufigen Täuschungen, da bei dieser Anordnung durch die Verdunstung am Rande kapillare Strömungen des Wassers verursacht werden, durch deren Bewegung mechanische Ortsveränderungen der Bakterien veranlasst werden. In zuverlässiger Weise kann man sich über die Eigenbewegung nur durch die Besichtigung der Bakterien im hängenden Tropfen orientiren. Um einen solchen unter dem Mikroskop betrachten zu können und ihn zugleich gegen Verdunstung zu schützen, ist eine kleine Kammer, der hohl geschliffene Objektträger, ersonnen worden. In einen Objektträger von gutem weissen Glase ist eine muldenförmige Vertiefung eingeschliffen. Den Rand derselben bestreicht man mit Vaseline und drückt darauf das Deckglas mit dem

hängenden Tropfen. Die Herstellung des letzteren bewirkt man in der Weise, dass man auf das Deckglas ein kleines Tröpfchen Wasser giebt und hierin Theilchen einer Kolonie oder Reinkultur versenkt. Zunächst wählt man sich eine dickere Stelle mit schwacher Vergrößerung aus, stellt diese mit der Oelimmersion ein und sucht dann am Rande des Tropfens einen Punkt, an welchem die Bakterien nicht so dicht liegen, damit man die Bewegung der einzelnen gut verfolgen kann. Es ist hierbei, wie überhaupt bei ungefärbten Präparaten, stets mit enger Blende zu arbeiten. Sterilisirt man das Deckglas vor dem Gebrauche und verwendet statt des Wassers Nährbouillon, so stellt der hohlgeschliffene Objektträger eine Art feuchter Kammer dar, in welcher man das Wachsthum der Bakterien mehrere Tage hindurch verfolgen kann.

Die Bewegungen, welche hierbei zur Beobachtung gelangen, sind der verschiedensten Art; theils sind sie drehend oder in geradliniger oder gewundener Richtung; es zeigt sich auch ein den Mückenschwärmen ähnliches Bild und dergleichen mehr.

g) Die Beobachtung der Bakterien als Reinkultur bei verschiedenen Nährmedien und Temperaturen.

Ein ganz hervorragender Werth für die Bakteriendiagnose muss der Anlage der „Reinkultur“ zugemessen werden. Zwar lieferte uns eine solche schon das getrennte Wachsthum auf der Kulturplatte, jedoch ist die Möglichkeit, das Verhalten der einzelnen Keimarten unter wechselnden Bedingungen zu beobachten, erst durch eine Isolirung derselben gegeben. In der gleichen Weise wie zu Färbezwecken entnimmt man kleinste Theilchen der Kolonie mit der Platinnadel und verimpft sie auf verschiedene Nährböden. Bei den festen, durchsichtigen Nährböden wird man die Art der Verimpfung anders gestalten, je nachdem man Oberflächen- oder Tiefen-Wachsthum erzielen will.

Die Stichkultur.

Zur Herstellung von Stichkulturen finden Nährgelatine und Agar (selten geronnenes Blutserum) Verwendung; die genannten Nährmedien befinden sich hierbei stets im Reagenzglas. Man fasst das Reagenzglas zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand, so dass die Mündung desselben nach unten steht, ent-

fernt den Wattepfropfen und klemmt ihn zwischen zwei Finger der gleichen Hand, indem man vorsichtig darauf achtet, dass nur die vorher ausserhalb des Glases befindlichen Theile der Watte berührt werden. Hierauf nimmt man von der zu verimpfenden Kolonie mit der ausgeglühten Platin-(Impf-)Nadel etwas ab und senkt letztere 2—2,5 cm in das Nährmedium senkrecht ein. Nach Entfernung der Nadel setzt man den Wattepfropf wieder auf. Sollte man nicht sicher sein, dass inzwischen eine Infektion des letzteren durch die Finger stattgefunden hat, so entzündet man denselben und brennt ihn oberflächlich ab.

Die Strichkultur.

Die Strichkultur kann man im Reagenzglase, oder in Glasdosen mit allen festen Nährböden anlegen. In ersterem Falle verfährt man ebenso wie vorher, nur wird man anstatt des Stiches einen Strich auf der Oberfläche des Nährmediums von hinten nach vorn ausführen. Insofern es erwünscht ist, eine solche Reinkultur unter dem Mikroskope zu beobachten, ist es zweckmässig, auf einem Objektträger, welcher im Heissluftschrank sterilisirt worden ist, Gelatine oder Agar auszugiessen und hierauf nach der Erstarrung in der geschilderten Weise zu impfen. Solche Objektträgerkulturen wird man zum Schutze gegen Verunreinigung und Eintrocknung in der feuchten Kammer aufbewahren.

Die Bouillonkultur.

Das Bouillonröhrchen wird in schräger Stellung vorsichtig geöffnet und unter gleichen Vorsichtsmaassregeln gegen äussere Verunreinigung inficirt.

Es ist angezeigt, immer mehrere Reinkulturen der gleichen Art (Stich-, Strich- oder Bouillonkultur) anzulegen. Insofern Unterschiede in den Wachsthumerscheinungen auftreten, so besteht der Verdacht, dass die Reinkultur durch zufällige Beimengung anderer Bakterienarten verunreinigt ist und demgemäss das Prädikat einer solchen nicht mehr verdient. In zweifelhaften Fällen wird man sich durch Anlage von Plattenkulturen hiervon überzeugen. Man impft deshalb von der Reinkultur weg ein Gelatineröhrchen und verflüssigt es bei 37°; durch vorsichtiges Schwenken sucht man eine gleichmässige Vermischung der zugeführten Bakterien mit der Gelatine zu erzielen. Mit

einer ausgeglühten Platinöse überträgt man ungefähr 6 Oesen in ein zweites Röhrchen verflüssigter Gelatine, und nach hinreichender Mischung von hier in ein drittes solches. Sämmtliche Röhrchen werden zu Platten ausgegossen. An dem Wachsthum derselben kann man nunmehr konstatiren, ob nur eine oder mehrere Arten von Keimen vorliegen. Diese Verdünnungsmethode eignet sich zur Scheidung von Bakteriengemischen überhaupt.

Bei der Besichtigung der Reinkulturen begegnen wir den verschiedensten Bildern; immer wird jedoch darauf zu achten sein, die Gleichheit oder Aehnlichkeit unter gleichen obwaltenden

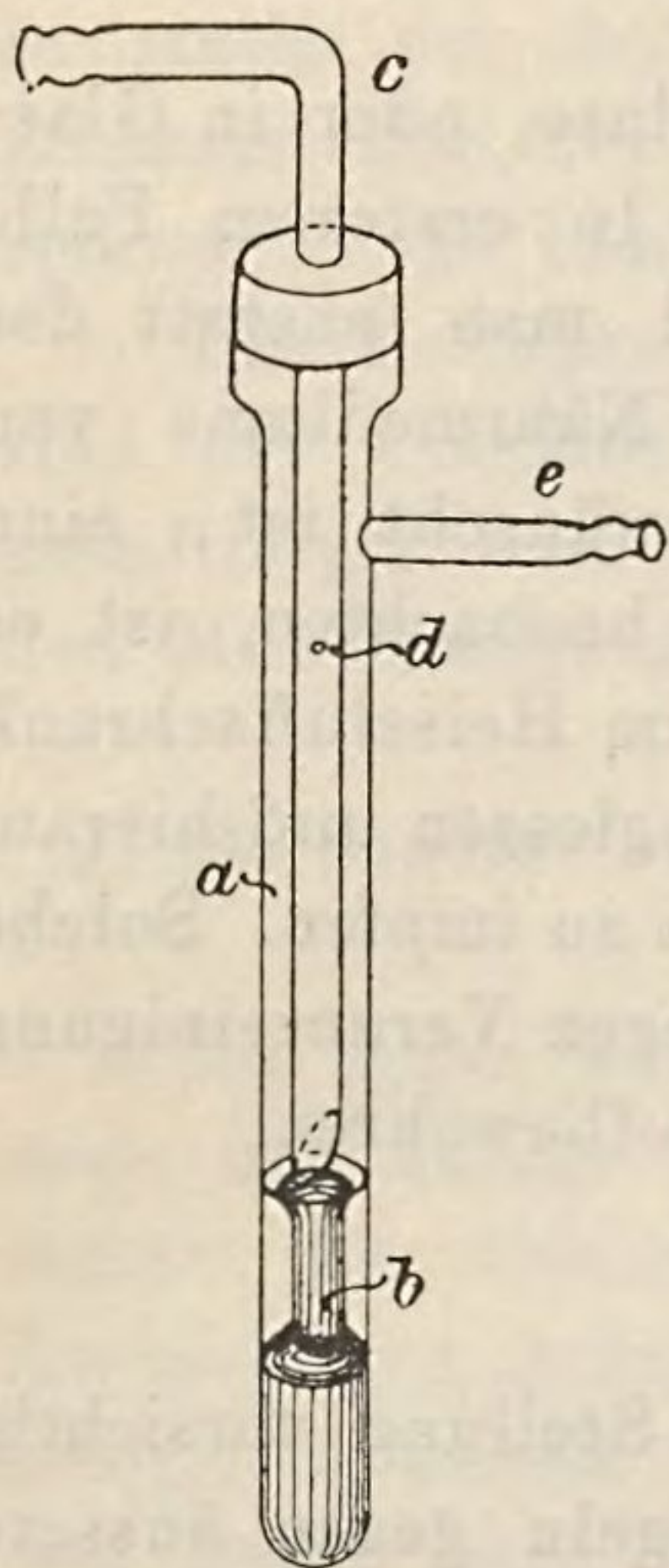


Fig. 74.

den äusseren Bedingungen, insbesondere der Zeit und der umgebenden Temperatur, zu verzeichnen. In letzterer Hinsicht wird die Benutzung eines Brutschrankes unerlässlich, dessen Einrichtung die Einhaltung einer konstanten Temperatur während eines gewünschten Zeitraumes ermöglicht. Um dieses zu erreichen, sind Brutschränke der verschiedensten Form und Art konstruirt worden; in der Hauptsache beruht das Princip derselben darauf, einen Hohlraum zu gestalten, bei welchem die Wärmeabgabe nach aussen durch Isolirsichten auf ein Minimum reducirt ist. Zur Uebertragung der von einer Flamme gelieferten Wärme dient das Wasser, welches sich zwischen den doppelten Wandungen des Schrankes befindet. Unvermeidliche Wärmeverluste gleicht ein Thermo-regulator aus. Die einfachste Konstruktion eines solchen zeigt die nebenstehende Fig. 74. In ein einfach tubulirtes, unten geschlossenes Rohr *a* von der Form eines Reagenzglases ist ein Trichter *b* eingeschmolzen, welcher den Hohlraum in einen oberen und unteren Theil scheidet. In diesen Trichter ragt ein oben rechtwinklig abgebogenes Glasrohr *c*, das in einem durchbohrten Korke verschiebbar ist. Letzteres ist an seinem unteren Ende schräg abgeschliffen und trägt über demselben eine kleine seitliche Oeffnung *d*. Der Apparat wird in Stand gesetzt, indem man nach Entfernung des Rohres *c* zunächst etwas Alkohol und dann einige Kubikcentimeter Queck-

silber eingiesst; durch letzteres wird der Alkohol in dem unteren Raum von a abgeschlossen. Hierauf fügt man das Rohr c wieder in a ein, verbindet es mit dem Zuführungsschlauche der Gasleitung und stellt anderseits bei e die Verbindung mit einem leuchtenden, unter dem Brutschrank befindlichen Brenner her. Der Apparat wird durch eine Oeffnung in den Brutschrank luftdicht eingesetzt, so dass er jedenfalls zu Zweidritttheil seiner Länge in das Innere desselben hineinragt. Durch die daselbst vorhandene Wärme wird der Alkohol zum Theil dampfförmig und drückt das Quecksilber im Trichter b in die Höhe, wobei die schräg abgeschliffene Ausflussöffnung des Rohres c mehr oder minder verkleinert wird. Um ein Verlöschen der Flamme bei vollständigem Verschluss derselben zu verhindern, ist das seitliche Loch d angebracht. Durch entsprechende Verschiebung von c regulirt man die Temperatur, welche durch ein Thermometer zu kontroliren ist.

h) Der Ausschluss von Sauerstoff bei der Züchtung.

Das Bedürfniss nach freiem Sauerstoff kommt nicht allen Bakterien in gleicher Weise zu; manche gedeihen bei der Anwesenheit desselben, man hat diese Arten als Aëroben bezeichnet, andere wachsen nur bei dessen Ausschluss, die Anaëroben, während wieder andere sowohl bei wie ohne Gegenwart von Sauerstoff auskeimen, welch' letzteren man den Namen der fakultativen Anaëroben beigelegt hat.

Um diese Unterschiede herauszufinden in Fällen, wo man verschiedene Bakterienarten vor sich hat, ist die von Koch angegebene Methode brauchbar. Man legt eine Objektträgerkultur an und bedeckt dieselbe vor dem Erstarren mit einem ausgeglühten Glimmerplättchen oder einem in gleicher Weise sterilisirten Deckglas. Die letzten Tropfen von Gelatine, welche bei der Anlage der eigentlichen Kulturplatte im Reagenzrohr verbleiben, sind zur Herstellung solcher „kleiner Platten“ praktisch verwendbar.

Zur Fernhaltung des Sauerstoffes von Reinkulturen kann man verschiedene Wege einschlagen. Man kann die Luft und damit denselben durch Einleitung eines anderen Gases verdrängen und hiernach das Reagenzrohr luftdicht abschliessen, oder besser abschmelzen. Nach den Versuchen von C. Fraenkel eignet sich

hierzu das Wasserstoffgas am besten; Kohlensäure führt oft eine Verzögerung des Wachstums herbei. Man kann ferner auch zum Ziele gelangen, wenn man die Stichkultur nach ihrer Anlage mit einer Schicht steriler Gelatine übergiesst¹⁾, oder einen sehr tiefen Stich in Gelatine- oder Agar-Röhrchen anlegt. In letzterem Falle legen sich die Flächen des Stichkanals aneinander und verhindern den Zutritt der Luft von oben her; für diese Zwecke wird man die Reagenzröhrchen mit ungefähr 20 ccm statt mit 10 ccm des betreffenden Nährbodens füllen, um eine möglichst hohe Säule zu gewinnen.

Nach Buchner's Vorschlag kann man den Sauerstoff durch eine alkalische Lösung von Pyrogallol absorbieren. Derselbe stellt die Kulturen in ein wohlverschlossenes Gefäß von einem Rauminhalt von ungefähr 200 ccm, in welchem sich eine Lösung von 1 g Pyrogallol, 1 ccm Liq. Kali caustici und 10 ccm Wasser befindet. Diese Methode eignet sich nicht nur zur Züchtung in der Reinkultur, sondern auch in Rollröhrchen.

i) Das Thierexperiment.

Die Entscheidung, ob die vorliegende Reinkultur pathogene Eigenschaften besitzt oder nicht, kann nur durch das Thierexperiment herbeigeführt werden. Die Einverleibung der zu prüfenden Mikroorganismen in den thierischen Körper kann auf verschiedene Weise geschehen. Die am meisten geübte Art ist die subkutane Impfung. Eine Stelle des Thierkörpers am Rücken oder der Bauchfläche (bei Mäusen stets in der Nähe der Schwanzwurzel) wird von den Haaren befreit und hierauf durch Waschung mit einer Lösung von 1⁰/₁₀₀ Sublimat sterilisirt. Das Sublimat entfernt man durch Nachwaschen mit Alkohol und diesen durch sterilisirtes Wasser. Hierauf wird mit ausgeglühter und wieder erkalteter Scheere eine Wunde angelegt und durch dieselbe das Bakterienmaterial mittelst einer Impfnadel unter die Haut eingeführt. Man soll letzteres ziemlich weit einschieben, was bei der Beweglichkeit der Haut auf dem Unterhautzellgewebe der Thiere leicht gelingt. Die Verklebung der Wunde mit Collodium ist zweckmässig, jedoch nicht immer nothwendig.

¹⁾ Dieses Verfahren ist auch geeignet, die Gasbildung mancher Bakterienarten zu veranschaulichen. Das entstandene Gas drängt sich als Blasen zwischen die Gelatine oder hebt dieselbe in die Höhe.

Anstatt der Einführung des Bakterienmaterials mit der Impfnadel kann man auch eine Aufschwemmung desselben mit sterilisirtem Wasser oder eine Bouillonkultur an der in der beschriebenen Weise präparirten Hautstelle mittelst einer Pravaz'schen Spritze einspritzen. Selbstverständlich muss auch diese steril sein; bei den gewöhnlichen Spritzen lässt sich dies durch Ausspülen mit Sublimatlösung der obigen Konzentration und Nachwaschen mit Alkohol und sterilem Wasser erreichen; es sind jedoch auch Spritzen mit Asbeststempel konstruirt worden, welche die zweckentsprechenden Temperaturen im Heissluftschrank ertragen. Mit solchen Instrumenten kann man auch das Impfmateri- al in die Bauch- oder Brusthöhle einführen. Man wird hierbei ebenso wie oben verfahren und nur die Nadel der Spritze in entsprechender Richtung und Tiefe einsenken.

In manchen Fällen wird es angezeigt sein, um die natürlichen Verhältnisse thunlichst getreu nachzuahmen, das Bakterienmaterial zu verfüttern. Zu diesem Zwecke wird man dasselbe dem Futter beimischen oder besser als Aufschwemmung oder Bouillonkultur mittelst der Schlundsonde in den Magen bringen. Die normalen Verdauungssäfte der Thiere weichen in ihrer Zusammensetzung meistens von der des Menschen ab. Es ist deshalb oft eine Vorbereitung des Thieres für die Infektion nothwendig. Meerschweinchen erweisen sich erst dann für Cholera empfänglich, wenn die Säure des Magensaftes durch Einführung von 5 ccm einer 5%igen Natriumkarbonatlösung abgestumpft und die peristaltischen Bewegungen durch Einspritzen von 1 ccm Opiumtinktur in die Peritonealhöhle pro 200 g Thier gehemmt worden sind.

Die dritte Methode der Infektion geschieht durch die Athmungswege. So interessant dieselbe für bestimmte Zwecke ist, so wird doch von einer Beschreibung derselben abgesehen, da diese bei der Untersuchung des Wassers nicht in Frage kommt und anderseits ihre Ausführung complicirte Apparate und Vorichtsmaassregeln erheischt.

Nach erfolgter Infektion eines Thieres besteht die nächste Aufgabe darin, die Krankheitssymptome zu beobachten und zu verzeichnen. Vor Allem ist hierbei das Verhalten des Versuchstieres, seine Beweglichkeit, Fresslust, die Beschaffenheit des Felles (Aufsträuben der Haare), das Aussehen der Augen,

die Art der Defäkation u. dergl. mehr maassgebend. Bei grösseren Thieren sind Aufzeichnungen über Puls, Athmung und Temperatur im Mastdarm zu machen. Nach erfolgtem Tode, welcher bei zu erwartender Genesung nach Umständen auf andere Weise herbeigeführt wird, ist der Nachweis der zugeführten Bakterienart im Blute oder den Organsäften zu führen. Dieser wird erbracht durch Anlage von Stich- und Strichkulturen, welche in ihrem Bild mit der ursprünglichen Reinkultur übereinstimmen müssen, bei zweifelhaften Befunden auch durch die Plattenkultur, wobei man die oben erwähnte Verdünnungsmethode (S. 148) anwendet. Oft genügt schon die Anfertigung von gefärbten Deckglaspräparaten, indem man Blut oder Gewebssaft auf Deckgläsern ausstreicht und färbt. (Vergl. S. 143.) Zur Vermeidung des Zutretens anderer Bakterien muss die Haut vor ihrer Eröffnung mit einer bakterientödtenden Flüssigkeit gereinigt werden, welche vor Beginn der Zerlegung des Thieres durch Alkohol und sterilisirtes Wasser wieder zu entfernen ist. Die Obduktion darf nur mit ausgeglühten Instrumenten vorgenommen werden.

Um die Lagerung der Bakterien ersichtlich zu machen, härtet man Organstückchen in absolutem Alkohol und fertigt hiervon Schnittpräparate mittelst eines Mikrotoms. Es würde zu weit führen, auf die Einzelheiten der jetzt gebräuchlichen Verfahren der Schnittmethoden und die Färbung der Schnitte des Näheren einzugehen; es muss vielmehr auf die diesbezüglichen Mittheilungen in der Literatur hingewiesen werden. Diese Lücke in einem Buche über Wasseruntersuchung ist um so mehr gerechtfertigt, als die Nothwendigkeit der Anfertigung von mikroskopischen Schnitten nur in speciellen Fällen auftreten wird.

4. Einige Bemerkungen über den Nachweis von pathogenen Mikroorganismen.

Die Vorgänge, wie pathogene Mikroorganismen in den menschlichen Körper gelangen und daselbst krankheitserregend wirken können, sind die verschiedensten. Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass solche gelegentlich mit dem Wasser getrunken werden und unter günstigen Umständen zur Entstehung von Krankheiten die Ursache abgeben. Es ist daher die Prüfung des Wassers in dieser Hinsicht von hervorragender Bedeutung.

Die geschilderten Methoden zum Nachweis der Bakterien überhaupt sind für diese Zwecke nicht ausreichend. In den allerwenigsten Fällen werden die Krankheitserreger in einer solchen Anzahl vorhanden sein, dass sie bei dem geringen zur Untersuchung verwendeten Wasserquantum auf der Kulturplatte in einer solchen Menge auftreten, dass sie nicht bei der Durchmusterung übersehen werden können. Es ist ganz unvermeidlich, dass vereinzelte derartige Kolonien unter einer grossen Zahl solcher von Wasserbakterien sich der Beobachtung entziehen, so dass ihre Auffindung mehr ein Werk des Zufalls ist. Andererseits kommt noch hinzu, dass die Entwicklungsenergie der ersteren zumeist eine geringere ist, so dass sie von letzteren überwuchert werden. Diese Gefahr besteht um so mehr, da sich der Nachweis pathogener Mikroorganismen in den meisten Fällen auf Wässer erstreckt, welche an sich schon sehr verunreinigt sind.

Von den bisher erforschten Krankheitserregern kommt in dieser Beziehung der Typhusbacillus und der Choleravibrio vornehmlich in Betracht. Aber gerade bei diesen beiden Arten werden die Verhältnisse dadurch complicirt, dass ihr Hinzutreten zum Wasser mit gleichzeitiger Zuführung von Bakterien des Verdauungskanal und Fäulnisserregern durch Dejektionen, Erbrochenem oder verunreinigter Wäsche u. dergl. einhergeht. Im Nachfolgenden wird eine Schilderung gegeben, wie die Versuche zu gestalten sind, um den Nachweis dieser beiden Arten zu ermöglichen.

a) Der Typhusbacillus.

Die Beobachtung, dass sich diese Bakterie verdünnten Lösungen von Karbolsäure gegenüber resistenter verhält als andere, hat zu ihrem Nachweis Verwendung und auch neben vielen anderen Methoden am meisten Anklang gefunden. Hierdurch werden von vornherein eine Reihe anderer Keime vom Wachstum ausgeschlossen. Von den sehr zahlreichen Vorschlägen seien nur einige erwähnt. Chantemesse und Vidal bedienten sich einer Nährgelatine, welcher 0,2⁰/₀ Karbolsäure zugesetzt war. Thoinot versuchte den Gehalt an übrigen Keimen herunterzudrücken, indem er einen halben Liter des Wassers mit 20 Tropfen Karbolsäure versetzte und erst nach einigen Stunden Platten nach obigem Princip anlegte. Die Methode von Vincent und Parietti, eine Anreicherung des Wassers anzustreben, wurde von Géré insofern

verbessert, als letzterer grössere Wassermengen unter ähnlichen Versuchsbedingungen anwandte. Derselbe versetzte 830 ccm Wasser mit 100 ccm neutraler, steriler Rindsbouillon, 50 ccm neutraler Peptonlösung und 20 ccm einer 5% Karbolsäurelösung. Das Ganze wird dann während 15—30 Stunden bei einer Temperatur von 32—36° gehalten; tritt eine Trübung der Flüssigkeit ein, so werden von derselben Platten mit gewöhnlicher Gelatine angefertigt. Holz bereitet mit dem frisch ausgepressten Saft roher Kartoffeln eine Gelatine, deren Säuregrad so gestellt war, dass 10 ccm 2,4 bis 3,2 ccm Zehntelnormalalkali zur Neutralisation benötigten. In dieser Gelatine wird das Wachstum anderer Bakterien zeitlich in einem höheren Grade verzögert, als das der Typhusbacillen. Noch mehr ist dies der Fall nach einem Zusatze von 0,05% Karbolsäure, insbesondere werden hierdurch Schimmel- und Hefepilze im Wachstum zurückgehalten.

Die meisten Aussichten auf Erfolg dürfte eine kombinierte Verknüpfung einiger der erwähnten Methoden bieten, indem man zunächst eine Anreicherung an Typhusbakterien nach Géré anstrebt und den Nachweis derselben mittelst der Holz'schen oder Chantemesse-Vidal'schen Gelatine zu führen versucht. Bei der zur Zeit noch bestehenden Unsicherheit der Charakteristik des Typhuserregers wird nur ein positives Ergebniss Anspruch auf Giltigkeit haben können und dies nur dann, wenn die Identität der gezüchteten Bakterienart mit typhusähnlichen, wobei das *Bacterium coli* vornehmlich zu berücksichtigen ist, mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Es ist hierbei Vorsicht im Urtheil umsomehr geboten, weil der Typhusbacillus bei diesen Behandlungsweisen Veränderungen seiner Form und Eigenschaften, speciell der Beweglichkeit annimmt, welche bei den sonst üblichen Züchtungsweisen nicht in dem Maasse beobachtet werden. Bezüglich der Unterscheidungsmerkmale muss auf die Specialliteratur verwiesen werden.

b) Der Cholera-vibrio.

Der Nachweis der Cholera-bakterien im Wasser durch das Gelatineplattenverfahren in der üblichen Methode hatte bisher nur vereinzelte Erfolge zu verzeichnen, so dass eine Aenderung der Methode in diesem Falle angezeigt schien, um so mehr, da neben der unvermeidlichen Unsicherheit der nöthige Zeitaufwand

meist zu einer Verspätung der entsprechenden Maassregeln führte. Bei der oft rapiden Ausbreitung, welche Choleraepidemien nehmen, ist der möglichst frühzeitige Nachweis der Cholerabakterien in verdächtigem Wasser von grösstem Belang. Nach einem von R. Koch im 14. Band der Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten mitgetheilten Vorschlage kann man schnell und sicher in folgender Weise zum Ziele gelangen:

„ . . . Möglichst grosse Mengen des Wassers werden verarbeitet und zwar in der Weise, dass dem Wasser unmittelbar eine genügende Menge von Pepton und Kochsalz (von jedem 1 Proc.) zugesetzt wird. . . . Die Mischung wird dann bei 37° gehalten. Nach 10, 15 und 20 Stunden sind von der Peptonkultur Agarplatten zu beschicken. Die mikroskopische Untersuchung der Peptonkultur ist in diesem Falle von untergeordneter Bedeutung, da man fast aus jedem Wasser auf die angegebene Weise gekrümmte Bakterien heranzüchtet, welche den Cholerabakterien morphologisch sehr ähnlich sind. Dagegen werden alle ihrem Aussehen nach verdächtigen, auf der Agarplatte zur Entwicklung gekommenen Kolonien zuerst mikroskopisch geprüft und, sofern sie aus gekrümmten Bakterien bestehen, weiter gezüchtet zur Anstellung der Indolreaktion und des Thierversuches, welche bei Wasseruntersuchungen unter allen Umständen die Diagnose vervollständigen müssen. Nach den bisherigen Erfahrungen scheint es zweckmässig zu sein, die zu prüfende Wassermenge nicht grösser als etwa 100 ccm zu nehmen und besser eine Anzahl Einzelproben zu verarbeiten, als über diese Menge hinauszugehen.“

Es erübrigt noch die in dieser Vorschrift bezeichneten Verfahren des Näheren wiederzugeben, wie sie an der angeführten Stelle geschildert werden.

Die Agarplatte wird man in diesem Falle nicht anlegen, indem man die von der Peptonkultur entnommene Probe mit dem verflüssigten Agar vermischt und letzteres dann ausgiesst; es wird vielmehr das sterile Nähragar in eine Petri'sche Schale ausgegossen, und auf diese nach dem Erstarren die von der Oberfläche der Peptonkultur entnommene Flüssigkeit mittelst einer Platinöse ausgestrichen. Hierdurch erzielt man oberflächlich liegende Kolonien, welche für die weitere Behandlung leicht zugänglich sind. Die Agarplatten werden bei 37° gehalten. Das Wachstum der Cholerabakterien charakterisirt sich durch „mässig grosse Kolonien mit einem eigenthümlichen, hell graubraunen transparenten Aussehen, während fast alle anderen hier in Frage kommenden Bakterien weniger transparente Kolonien bilden“.

Das Agar scheidet bei seiner Erstarrung an der Oberfläche eine wässerige Flüssigkeit aus. Da diese die Entwicklung einzelner Kolonien beeinträchtigt, so soll man die gegossenen Petri'schen Schalen einige Tage lang vor ihrer Benutzung im Brutschrank halten, damit die Flüssigkeit verdunstet (Koch).

Die Indol- (Cholera-roth-) Reaktion, welche von Bujwid und auch von Dunham entdeckt worden ist, beruht darauf, dass bei Gegenwart von Indol und salpetriger Säure durch Schwefelsäure eine Rothfärbung hervorgerufen wird. Für das Eintreten derselben sind aber ganz bestimmte Vorsichtsmaassregeln nothwendig.

Koch sagt hierüber:

„Vor allen Dingen muss man sich ein geeignetes Pepton beschaffen, denn nicht jede Sorte Pepton liefert gleich gute Resultate. Wahrscheinlich ist diese Differenz, wie Bleisch nachgewiesen hat, darin begründet, dass Peptonsorten, welche die Reaktion nicht gut geben, entweder einen zu geringen oder einen zu grossen Gehalt an Nitraten haben. Entweder muss man daher durch Vorversuche ein geeignetes Pepton auffinden und sich davon einen genügenden Vorrath beschaffen, oder man kann auch mit nitratarmen bzw. nitratfreien Peptonen, sofern man solche bekommen kann, nach dem Vorschlage von Bleisch Nitrat in entsprechender Menge zusetzen. Ein zweites Erforderniss für die Zuverlässigkeit der Reaktion ist, dass die zur Verwendung kommende Schwefelsäure vollkommen frei von salpetriger Säure ist. Als dritte Bedingung gilt, dass die Reaktion nur mit einer Reinkultur von Cholerabakterien angestellt wird. Wenn dies nicht der Fall ist, dann bleibt beim Gelingen des Experimentes der Einwand, dass von anderen Bakterien das Indol oder die salpetrige Säure herrührt, nicht ausgeschlossen. Da die Reaktion mit Kulturen, die in Fleischbrühe, auch wenn sie peptonhaltig ist, gewachsen sind, nicht so gleichmässig und deutlich ausfällt, so sollte dieselbe stets mit Kulturen in einer Peptonlösung angestellt werden.“

Der Thierversuch wird hierbei nicht durch Einführung des Impfmateri als in den Verdauungskanal, sondern durch intraperitoneale Einspritzungen bewerkstelligt. Nach dem Vorschlag R. Pfeiffer's soll man einem Meerschweinchen von 300—350 g Körpergewicht ungefähr 1,5 mg der Kultur in die Bauchhöhle spritzen. Diese Dosis genügt, um den Tod herbeizuführen; bei grösseren Thieren muss sie stärker genommen werden. Nach seiner Vorschrift nimmt man diese Kulturmenge mit einer Platinöse der entsprechenden Grösse von der Agaroberfläche ab, verdünnt mit

1 ccm steriler Bouillon und bringt sie mittelst steriler Pravaz'scher Spritze in die Bauchhöhle. Die Vergiftungserscheinungen treten schon nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden auf; sie charakterisiren sich zuerst durch grosse Unruhe des Thieres und nachherige Muskelschwäche; das Thier nimmt meist die Seitenlage ein. Die Temperatur sinkt um $2-3^{\circ}$, wobei sich eine grosse Hinfälligkeit des Thieres bemächtigt. Die hinteren Extremitäten erscheinen gelähmt, von Zeit zu Zeit treten fibrilläre Zuckungen in den Muskeln auf. Das Thier fühlt sich nunmehr kalt an; die Temperatur kann im Mastdarm unter 30° sinken. Unter den geschilderten Erscheinungen erfolgt meistens der Tod nach 12 bis 16 Stunden.

VI. Die Beurtheilung der Untersuchungsergebnisse.

Ein Bild über die Beschaffenheit eines Wassers wird man sich nur durch eine eingehende Untersuchung desselben verschaffen können. Die Möglichkeit, hieran Schlüsse über dessen Verwendbarkeit und Zulässigkeit zu verschiedenen Zwecken zu knüpfen, ist nur hierdurch gegeben; jedoch ist die Bildung eines zutreffenden Urtheils aus solchen Anhaltspunkten allein in mancher Hinsicht mit Schwierigkeiten verbunden. Die Veränderungen des Wassers, welche durch geologische Ursachen bedingt sind, und diejenigen, welche durch physikalische Einwirkungen hervorgerufen werden, sind sehr verschiedene. Beide sind an die Oertlichkeit gebunden und schon aus diesem Grunde wird es nicht angehen, bestimmte Regeln für die Beurtheilung aufzustellen. Man hat allerdings versucht, Grenzwerte anzugeben; doch sind solche dehnbare Begriffe für eine exakte Beurtheilung nicht verwerthbar. Ich erinnere nur an die verschiedenartige Zusammensetzung, welche Reichardt bei Wässern verschiedenen Ursprungs nachgewiesen hat (vgl. S. 12); die chemische Zusammensetzung für sich betrachtet kann nicht immer genügen, das Wasser zu verwerfen oder gutzuheissen. Es müssen vielmehr hierbei, wie schon angedeutet, noch andere Verhältnisse insbesondere berücksichtigt werden. Gerade dieser Umstand vermag dem Untersuchungsergebniss unabhängig von dessen Ausdruck in Gewicht oder Zahl die richtige Bedeutung zu verleihen und dasselbe in untrügerischer Weise zu beleuchten. Sehr häufig wird man in der Lage sein, die richtige Ansicht auf dem Wege des Vergleichs zu gewinnen. Man wird beispielsweise

aus der Beschaffenheit eines Quell- oder Brunnenwassers nicht auf die Zusammensetzung des Grundwassers in dieser Gegend schliessen, sondern man wird in Folge der durch den Augenschein gewonnenen Ueberzeugung nach etwaigen Verunreinigungen fahnden und sich durch Prüfung von Wässern in der Umgebung, welche in dieser Beziehung einwandfrei sind, überzeugen, in wie weit die gehegte Vermuthung zutreffend ist. Ebenso wäre es irrig, aus einer Analyse auf die Verunreinigung eines Flusses oder eines anderen zu Tage liegenden Gewässers zu schliessen; auch hier ist auf deren Ursache Bedacht zu nehmen und nur der Unterschied in der Zusammensetzung des Wassers an einem Punkt, wo deren Einwirkung ausgeschlossen ist gegenüber einem solchen, wo eine vollständige Vermischung des zugeführten Unrathes erwartet werden darf, wird den Grad der stattgehabten Verunreinigung erst richtig würdigen lassen. Es ist hierauf schon bei der Schilderung der Maassregeln für die Probenentnahmen aufmerksam gemacht worden; und diese können nicht genügend betont werden, um voreilige Schlüsse zu verhüten.

Von geringerem Belang für die Beurtheilung des Wassers ist die Art seiner Verwendung. Wir müssen zwar einen Unterschied machen zwischen Trink- und Gebrauchswasser, und namentlich an letzteres werden von industrieller Seite gewisse Anforderungen gestellt, welche für die gedeihliche Entwicklung der betreffenden Gewerbebranche entschieden zu berücksichtigen sind. Dagegen müssen wir vom hygienischen Standpunkt von dem Wasser, welches im Haushalt oder in der nächsten Umgebung unserer Wohnung Verwendung findet, den gleichen Grad von Güte und Reinheit verlangen, wie für das Trinkwasser, insofern nicht zwingende Gründe (Unmöglichkeit der Beschaffung des nöthigen Bedarfes) eine solche Forderung vereiteln. Es mag noch darauf hingewiesen werden, dass durch die letztgenannte Art der Benutzung des Wassers dessen Unreinheit Schädigungen unserer Gesundheit ebenso wie bei dem Genusse desselben im Gefolge haben kann. Mit solchem Wasser bringen wir Stoffe in unsere nächste Nähe, deren Zersetzungsfähigkeit und Fäulniss zur Herbeiführung unhygienischer Zustände geeignet ist; andererseits ist die Möglichkeit gegeben, dass für etwaige Krankheitserreger, welche das Wasser mit sich führt oder welche durch andere Umstände bei oder in unseren Wohnstätten eine Verbreitung ge-

funden haben, gerade hierdurch günstige Bedingungen für eine gedeihliche Weiterentwicklung geschaffen werden, sodass man indirekt die Entstehung von Krankheiten auf die Beschaffenheit des Wassers zurückführen muss.

Aus diesen Gründen hielt ich es für zweckdienlich, eine Scheidung zwischen Genuss- und Gebrauchswasser bei der Besprechung der Beurtheilung desselben, nicht eintreten zu lassen, sondern an geeigneter Stelle auf die einschlägigen Punkte besonders aufmerksam zu machen.

Die erste Anforderung, die wir an das Wasser als Genuss- und Nahrungsmittel stellen, besteht darin, dass es frei von jeglichem Geruch und fremdartigem Geschmack ist und einen sichtlich erkennbaren Grad von Reinheit, Klarheit und Farblosigkeit besitzt. Ein Wasser, welches diese Eigenschaften nicht hat, wird instinktiv als Getränk zurückgewiesen; es wirkt ekelerregend und hierdurch beeinträchtigt es die Gesundheit, selbst wenn eine schädigende Wirkung derjenigen Stoffe auszuschliessen ist, welche eine solche Beschaffenheit hervorrufen. Da das Wasser zur Stillung des Durstes in erster Linie als Genussmittel aufzufassen ist, so muss es auch so geartet sein, dass wir mit dem Trinken desselben einen Genuss empfinden.

Für das Gebrauchswasser kommt der Geschmack nicht in Betracht, mehr schon der Geruch. Wenn auch letzterer, in Fällen, wo das Wasser erhitzt wird, wie beim Kochen, vollständig sich verflüchtigen kann, so ist dessen Vorhandensein doch nach Umständen widerlich unter Berücksichtigung seiner Entstehungsursache. Insofern die Anwesenheit beider Eigenschaften auf Stoffe zurückgeführt werden kann, welche durch die chemische Analyse nachgewiesen sind, wird auf deren Besprechung dort näher eingegangen werden.

Für gewisse Zwecke ist die Reinheit des Wassers von besonderem Belang. Die Beseitigung von Unsauberkeit kann nur mit einem reinen Element erfolgen. Wäschereien und Bleichereien können trübes oder gefärbtes Wasser nicht verwenden; schwimmende Bestandtheile in demselben oder gelöste färbende Stoffe, wie beispielsweise Huminstoffe oder Eisenverbindungen, lassen den gewünschten Erfolg nicht erzielen.

Dass das Wasser bei der Herstellung von Getränken u. dgl. wie bei der Bier-, Wein-, Essigbereitung vollkommen tadellos sein muss in dieser Hinsicht, liegt auf der Hand.

Eine besondere Annehmlichkeit beim Genusse des Wassers bietet seine Temperatur. Wir schätzen an dem erfrischenden Trunk aus der Quelle die kühlende Wirkung und sind unbefriedigt, wenn wir den Durst mit wärmerem Wasser löschen müssen. Es ist schwierig, diesem Verlangen immer gerecht zu werden, und dies wird nur dann der Fall sein, wenn das Wasser unbeeinflusst von der Aussentemperatur diejenige der Bodenschicht stets führt, aus welcher es kommt. Wie wir oben gesehen haben, beobachtet man eine solche Eigenschaft nur bei den Tief- oder Gesteinsquellen. Je nach der Mächtigkeit der darüber stehenden Erdschichte oder dem direkten Zutritt der Aussentemperatur, wie bei den zu Tage liegenden Gewässern, unterliegt die Temperatur des Wassers immer gewissen Schwankungen; zur kalten oder warmen Jahreszeit wird sie eine entsprechend zu niedrige oder zu hohe sein. Einen Einblick in diese Verhältnisse geben uns die von Reichardt angestellten Untersuchungen; derselbe ermittelte folgende Unterschiede:

	höchste Temperatur	niedrigste
Quelle . . .	10,8 (am 27. Aug.)	9,5 (am 26. Mai)
Flusswasser .	18,9 (- 30. Juli)	1,4 (- 1. Jan.)
Pumpbrunnen .	11,0 (- 2. Okt.)	5,4 (- 28. Febr.)

Die wünschenswerthen Grenzen der Kühle liegen zwischen $+6$ und $+15^0$; darunter herunterzugehen ist nicht rathsam, da kälteres Wasser Verdauungsstörungen zu erzeugen geeignet ist, dagegen lässt ein Ueberschreiten der anderen Grenze den Geschmack fade und nicht mehr erfrischend erscheinen. Wenn solche Temperaturen nicht von Natur aus gegeben sind, so wird die Einhaltung derselben auf künstlichem Wege anzustreben sein. So wird man das durch Filtration gereinigte Flusswasser durch Aufbewahrung in geeigneten Reservoirs vor dem Einfluss der Wärme oder Kälte der Aussenluft zu schützen suchen, nach Umständen auch dessen Temperatur vor dem Genusse durch längeres Stehenlassen im Trinkgefäss oder durch Einlegen von Eis, welches von einwandfreiem Wasser hergestellt ist, entsprechend regeln.

Ebenso wie es nicht angängig ist, für die physikalische Beschaffenheit des Wassers bestimmte Regeln aufzustellen, so können auch die Ergebnisse der chemischen Untersuchung, nur im relativen Verhältniss betrachtet, die Unterlagen für eine richtige Beurtheilung des Wassers bilden. Vorwiegend er-

strebt die chemische Analyse, nicht die Menge etwa schädlicher Bestandtheile zu ermitteln, sondern der hauptsächlichste Zweck derselben liegt darin, die Ursachen der Veränderungen des Wassers aufzuklären, welche demselben auf seinen vielverschlungenen Wegen zu Theil geworden sind, um auf Grund dieser Erfahrungen einen Rückschluss auf die Art der Verunreinigung und die Grösse der hierdurch bedingten Gefahren zu ziehen. Zumeist werden uns die verunreinigenden Stoffe nicht in der ursprünglichen Form entgegentreten, sondern wir werden sie in dem Auftreten der durch die Zersetzungs Vorgänge entstehenden Urstoffe wiedererkennen. Es ist daher angezeigt, dieselben, soweit sie bei der chemischen Prüfung des Wassers in Frage kommen, einzeln zu besprechen und hierbei auf ihren Ursprung, sowie auf die etwaigen Nachtheile ihres jeweiligen Vorhandenseins näher einzugehen.

Der suspendirten Bestandtheile ist schon insofern gedacht worden, als ihre Abwesenheit die Reinheit des Wassers bedingt. In einem für den Genuss bestimmten Wasser dürfen solche nie vorhanden sein, gleichviel welcher Art sie sind; denn das Getränk wird hierdurch unansehnlich und unappetitlich. Für manche gewerbliche Zwecke ist ihr Vorhandensein ebenfalls störend, wie bereits angedeutet worden ist.

Der Rückstand, welcher das Gewicht der gelösten, bei 110° getrockneten Stoffe zum Ausdruck bringt, ist beachtenswerth, da er die Summe aller nichtflüchtigen chemischen Bestandtheile darstellt. Für das Trinkwasser war man geneigt, als äusserste Grenze 500 mg für das Liter aufzustellen; es ist jedoch nicht angängig, diese Zahl stets als eine Norm zu betrachten, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass geologische Verhältnisse ein Uebersteigen derselben bei einem nicht verunreinigten Wasser bedingen können. Für Dampfkesselbetriebe ist ein niedriger Rückstand immer angezeigt, da je nach der Verdampfung der Wassermenge deren gelöste Bestandtheile für die Bildung von Kesselstein von Belang sind, dessen Entstehung zu Unzulänglichkeiten und selbst Gefahren im Betriebe führt. Weniger kommt in gewerblicher Beziehung die Herabsetzung der Lösungs-fähigkeit des Wassers in Betracht, doch soll diese hierbei erwähnt werden.

Wie wir oben gezeigt haben, bietet das Gewicht des Glühverlustes des Rückstandes keine sicheren Anhaltspunkte für die Menge des organischen Antheils der gelösten Stoffe. Immerhin werden beträchtliche Gewichts differenzen zu berücksichtigen sein, und für eine starke derartige Verunreinigung sprechen. Diese Bestimmung trägt mehr einen qualitativen als quantitativen Charakter an sich.

Bestimmtere Anhaltspunkte über die Mengen organischer Stoffe werden gewonnen durch den Sauerstoffverbrauch, welchen man zu deren Oxydation benöthigt, wobei das Kalipermanganat als Sauerstoffträger benutzt wird. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Methode für die Wasseruntersuchung werthvoll ist; jedoch ist naheliegend, dass ihre Ergebnisse den wirklichen Verhältnissen nicht entsprechen können. Die Verschiedenartigkeit der vielen hier in Frage kommenden Stoffe, deren Zusammensetzung vielfach überhaupt nicht bekannt ist, lässt ein in allen Fällen gleichwerthiges Resultat nicht erwarten. Es kommt noch hinzu, dass diese Materie eine äusserst unbeständige ist.

Durch interessante Versuche hat K. B. Lehmann die verschiedenartige Einwirkung des vom Kalipermanganat sich abspaltenden Sauerstoffs auf organische Stoffe dargethan. Hier nach werden von der theoretisch nöthigen Sauerstoffmenge verbaucht:

	Wein- säure	Trauben- zucker	Rohr- zucker	Benzoë- säure	Phenol	Leucin
bei 10 Minuten langem Kochen	95,6 %	61,0 %	55,1 %	3,7 %	73,5 %	11,4 %
bei 5 Minuten langem Kochen	75 %	42,7 %	53,8 %	2,1 %	41,1 %	10,8 %

Es liegt auf der Hand, dass bei dem ungleichmässigen Verhalten von Körpern, deren Zusammensetzung bekannt ist, um so mehr Fehler in der Beurtheilung anderer näher nicht definirbarer Stoffe unvermeidlich sind. Dennoch dürfen wir den Werth dieser Methode nicht unterschätzen, solange wir eine bessere nicht an ihre Stelle setzen können. Von dem Standpunkte ausgehend, dass in einer Untersuchungsreihe die Fehlerquelle stets die gleiche sein wird, vorausgesetzt, dass die Ver-

suchsbedingungen dieselben sind, werden die Ergebnisse untereinander vergleichbar und bieten dann jedenfalls werthvolle Anhaltspunkte für die Beurtheilung. Reine Wässer haben in der Regel eine sehr niedere Oxydirbarkeit. Nach den Angaben von K. B. Lehmann ist ein Wasser, dessen organische Stoffe 2,0—2,5 mg Sauerstoff für den Liter benöthigen, als verdächtig zu betrachten; Tiemann-Gaertner bezeichnet als zulässige Grenze 2,0 mg Sauerstoff. Es ist jedenfalls bei höheren Befunden anzunehmen, dass eine stetige oder direkte Verunreinigung des Wassers durch organische Stoffe besteht, oder dass der Weg zu einer vollkommenen Mineralisirung derselben ein zu kurzer oder nicht geeigneter ist. Sind solche Wässer zum Genusse bestimmt, so sind sie argwöhnisch zu betrachten, und die nächste Aufgabe der Untersuchung wird darauf zu richten sein, die Ursache der Verunreinigung aufzuklären.

Die Chlorverbindungen im Wasser, welche meistens als Natriumsalz, seltener als Kalium-, Calcium- oder Magnesiumsalz in die Erscheinung treten, sind entweder anorganischen Ursprungs oder sie gelangen als Bestandtheil von Abwässern zum Wasser. Für die Beurtheilung des Genusswassers muss den letzteren vorwiegend eine Bedeutung beigemessen werden. Die Ausscheidungsprodukte des menschlichen und thierischen Körpers, insbesondere der Harn, sowie die Abwässer des Haushaltes sind reich an Chlornatrium. Treten solche Stoffe zum Trinkwasser, so müssen wir hierin entschieden eine bedenkliche Schädigung desselben erblicken. Das Chlorsalz an sich hat in den Mengen, in welchen es bei solchen Fällen aufgefunden wird, keine gesundheitsschädigende Wirkung, jedoch seine Abstammung giebt zu Bedenken von hygienischer Seite Anlass. Dagegen muss den Chlorverbindungen, welche nachgewiesenermaassen aus dem anorganischen Reiche sich herleiten lassen, nur insofern eine Bedeutung zugesprochen werden, als hierdurch der Geschmack des Wassers und seine Brauchbarkeit für andere Zwecke beeinflusst wird. Ein gewisser Chlorgehalt ist jedem Wasser eigen; jedoch soll derselbe 30 mg im Liter bei dem Genusswasser nicht übersteigen, vorausgesetzt, dass dessen Vorhandensein nicht auf die Auslaugung in der Natur vorkommender Salze, wie solche beispielsweise die Stollenwässer mancher Bergwerke enthalten, zurückzuführen ist.

Die Schwefelsäure ist im Wasser meistens an Calcium gebunden und kommt in dieser Verbindung (Gips) aus der geologischen Formation, welche das Wasser durchwandert. In diesem Sinne ist ihre Ermittlung verwerthbar.

Dagegen ist der Schwefelwasserstoff fast immer das Produkt von Fäulniss; er tritt auf bei starken Verunreinigungen durch organische Stoffe, oder wo solche für niedere Pilze, insbesondere für Beggiatoen günstige Ernährungsbedingungen vorübergehend bieten. Namentlich letztere vermögen den Schwefel des Ernährungsmaterials in sich aufzustapeln, welcher nach dem Absterben dieser pflanzlichen Gebilde durch die eintretende Fäulniss zur Bildung von Schwefelwasserstoff Veranlassung giebt. Unser Geruchsorgan ist für dieses Gas äusserst empfindlich; schon aus diesem Grunde ist ein Wasser, das mit demselben behaftet ist, jedenfalls vom Genusse auszuschliessen, abgesehen davon, dass seine Gegenwart einen Fingerzeig für eine bedenkliche Verunreinigung bietet. Schwefelwasserstoff ist auch in manchen Tiefbrunnen der norddeutschen Ebene beobachtet worden; seine Entstehung ist hier wohl auf andere Ursachen zurückzuführen. Wahrscheinlich steht sie mit mineralischen Gebilden (Braunkohlen) in Beziehung.

Freie Kohlensäure verleiht dem Wasser einen angenehmen Geschmack, wiewohl nicht ausgeschlossen ist, dass auch Wässer dieser vorzüglichen Eigenschaft sich erfreuen, in welchen die Kohlensäure nur in gebundener Form vorhanden ist (Wolffhügel). In dem erstgenannten Zustande wird sie nur gefunden, wenn sich ihr keine Gelegenheit zu weiterer Bindung an Calcium- oder Magnesiumkarbonat oder kohlensaures Eisenoxydul bietet; deshalb beobachten wir sie namentlich in Gegenden bezw. Formationen, welche arm an diesen Mineralien sind. Der halbgebundenen Kohlensäure ist insofern eine Aufmerksamkeit zuzuwenden, als sie nach Umständen schon bei Zimmertemperatur und längerem Stehen des Wassers entweicht, wobei die unlöslichen Monokarbonate ausfallen und dem Wasser eine unansehnliche Beschaffenheit verleihen. Die völlig gebundene Kohlensäure ist an Kalium oder Natrium gebunden; für die hygienische Beurtheilung bietet sie kein sonderliches Interesse; ihre Ermittlung wird nur für die quantitative Bestimmung der freien Kohlensäure nothwendig.

Eine hervorragende Rolle spielt der Nachweis von Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure, insofern sie Produkte der Zersetzung stickstoffhaltiger Substanzen sind. Das Vorkommen von Ammoniak und salpetriger Säure deutet darauf hin, dass der Weg im Boden zur vollständigen Oxydation solcher Stoffe ein ungenügender ist, oder dass diese in einer Menge zugeführt werden, welche durch die physikalischen und chemischen Vorgänge der Oxydation nicht mehr bewältigt werden kann. Findet sich Salpetersäure in grösserer Menge, so liegt die Gefahr nahe, dass dieser Zustand früher oder später eintritt, da die Leistungsfähigkeit dieser Vorgänge im Boden mit dessen Uebersättigung abnimmt. Das Eintreten eines solchen Zustandes wird namentlich da zu vermuthen sein, wo sich neben Salpetersäure salpetrige Säure und Ammoniak finden. Im Genusswasser sind bestimmbare Mengen der letzteren beiden Stoffe immer bedenklich, während das Vorkommen des ersteren allein eine Unschädlichmachung einer geschehenen Verunreinigung andeutet und entsprechend ihrem Gehalte zu würdigen ist. Freies Ammoniak gelangt oft durch Fabrikabwässer (Gasfabriken) zu dem Wasser; auch in diesem Falle ist das Wasser als Getränk zu verwerfen. — Für den industriellen Gebrauch spielen diese Bestandtheile durchschnittlich keine Rolle.

Desgleichen ist die Phosphorsäure als eine sehr bedenkliche Verunreinigung aufzufassen; in reinen Wässern kommt sie so gut wie gar nicht vor, dagegen findet man sie immer in Kanalwässern, in welche sie namentlich durch den Harn gelangt. Durch die Bodenfiltration wird dieselbe begierig zurückgehalten, so dass ihr Auftreten für eine ungenügende Wirkung dieses Vorganges spricht.

Der Gehalt an Calcium und Magnesium verleiht dem Wasser die Härte. Diese Eigenschaft kommt für den Genuss weniger in Betracht, wiewohl man ein sehr hartes Wasser gern meidet, wenn es angängig ist; dagegen ist sie von einschneidender Bedeutung bei dem Wasser, welches dem Gebrauche oder industriellen Zwecken dienen soll. Man hat die Beobachtung gemacht, dass ein stärkeres Vorhandensein dieser beiden Bestandtheile das Weichkochen von Hülsenfrüchten erschwert. Am meisten störend wirkt ihre Anwesenheit bei allen Reinigungsarten, bei welchen Seife benutzt wird. Wie schon oben gezeigt

worden ist bei der Bestimmung der Härte, bilden die Erdalkalien mit den in der Seife befindlichen Fettsäuren unlösliche Verbindungen. Bei der Benutzung harten Wassers zu solchen Zwecken geht ein Theil der letzteren unausgenutzt verloren. Hier ist das weichste Wasser stets das beste; eine Härte von über 20 deutschen Graden dürfte in dieser Hinsicht zu beanstanden sein. — Auch als Dampfkesselspeisewasser ist zu hartes Wasser zu vermeiden, da es zu Kesselsteinbildung Veranlassung giebt; hierbei ist namentlich die schwefelsaure Verbindung des Calciums gefürchtet; unter dem hohen Druck des Dampfes krystallisirt der Gips als Anhydrit aus und haftet in dieser Form, verschiedene andere unlöslich gewordene Salze einschliessend, so fest an der Kesselwandung als Kesselstein an, dass er nur durch Klopfen beseitigt werden kann. Seine Entfernung ist zeitraubend, führt zu unnöthigen Kosten und Störungen im Betriebe. Es ist ferner die Möglichkeit von Explosionen gegeben, wenn sie nicht rechtzeitig geschieht.

Die Alkalimetalle verdienen für die Beurtheilung insofern Beachtung, als man ihre Abstammung unter Berücksichtigung der einschlägigen örtlichen und anderen Verhältnisse auf eine Verunreinigung durch Kanaljauche oder Grubeninhalt und die sonstigen Abfallstoffe zurückführen kann. Das Natrium tritt ja vorwiegend durch seine Chlorverbindung in die Erscheinung; es wird daher die Ermittlung des Chlors schon Anhaltspunkte geben. Sobald der Befund in dieser Richtung gedeutet werden muss, spricht derselbe für eine bedenkliche Verunreinigung. Dies gilt umsomehr von dem Kalium. Da dieses vom Boden energisch zurückgehalten wird, so ist seine Anwesenheit strenger zu beurtheilen.

Kieselsäure, Thonerde und Eisen sind Stoffe, die das Wasser während seiner Wanderung durch den Boden in Lösung genommen hat; sie können durch ihre verhältnissmässigen Mengen als Unterscheidungsmerkmale für Grundwasser und Niederschlagswasser dienen, wenn letzteres auf kürzerem und oberflächlichem Wege zu den zu Tage liegenden Wasserläufen gelangt ist. Das Eisen tritt gelöst fast immer als Oxydulkarbonat auf; bei dem Entweichen der halbgebundenen Kohlensäure fällt es als gelbgrauer bis braunrother, flockiger Niederschlag aus. Hierdurch wird das Wasser unansehnlich. Der tintenartige

Geschmack des Eisens beeinträchtigt weiterhin die Güte des Trinkwassers. Solches Wasser ist auch zum Reinigen der Wäsche u. dergl. nicht mehr geeignet, da die Gegenstände einen gelblichen Farbenton annehmen.

Die Metalle Blei, Kupfer, Zink und Arsen können als Verunreinigungen durch Fabriken im Wasser auftreten. Das Blei kann auch bei der Verwendung von bleiernen Leitungsröhren in dasselbe gelangen. Die Lösungsfähigkeit des Wassers gegenüber diesem Metalle ist je nach seiner Zusammensetzung eine verschiedene; am meisten wird dieselbe begünstigt durch freie Kohlensäure und überhaupt durch die Weichheit des Wassers. Bei dem Zutritt von Luft, wie dies bei nicht vollkommen gefüllten Röhren der Fall ist, wirken Chloride und Nitrate ebenso, wenn auch in geringerem Grade. Blei und Arsen besitzen giftige Eigenschaften für den menschlichen Organismus; es gewinnen selbst geringe Mengen hiervon an Bedeutung, weil sich dieselben im Körper ansammeln und schliesslich zu chronischen Vergiftungen (Erkrankungen) führen. Für Kupfer und Zink sind diesbezügliche Beweise noch nicht endgültig erbracht, jedoch sind sie als vollkommen fremdartige Bestandtheile des Wassers zu betrachten und deshalb ihre Abwesenheit zu fordern.

Die Befunde der mikroskopischen Untersuchung sind je nach ihrem Wesen verschieden zu beurtheilen. Häufen sich anorganische, schwimmende Bestandtheile wie Thon, Lehm u. dergl., so machen sie das Wasser unansehnlich. Wenn demselben Schwermetalle, wie beispielsweise bei den Schlemmvorrichtungen von Pochwerken beigemischt sind, so wird man diese neben ihrer trübenden Eigenschaft nach ihrer etwa giftigen Wirkung beurtheilen; ihr endgültiger Nachweis liegt auf der chemischen Seite der Untersuchung. — Pflanzliche Reste, sei es, dass sie auf natürlichem Wege (Pollenkörner, Blätter etc.) oder durch Menschenhand (Abfälle aus Holzschleifereien) in das Wasser gelangt sind, verbinden mit dem sichtbaren Nachtheil einer Verunreinigung den Missstand, dass sie früher oder später in Zersetzung übergehen. Aus gleichem Grunde sind Reste kleiner Thiere (Insekten) ebenfalls strenger zu beurtheilen, wenn dieselben häufiger gefunden werden. Solches Wasser ist unappetitlich.

Woll- oder Baumwollfasern, Haare u. dergl. gelangen hin und wieder mit dem Waschwasser zu dem Trink- und Ge-

brauchswasser. Solche Verunreinigungen, welche vermöge ihrer Abstammung auch weiteren Unrath aus Haushaltungen mit sich führen können, schliessen die Benutzung des Wassers aus, wenn es sich nicht um zufällige Einzelbefunde handelt. Das Gleiche gilt in noch höherem Grade von Stoffen, die den Küchenabwässern angehören, wie Stärkekörner, oder fäkalen Ursprungs sind, wie Muskelfasern etc. In letzter Hinsicht sind die Eier von den im Darne wohnenden Parasiten, oder von solchen, welche vom Thier auf den Menschen übertragen werden können, von schwerwiegender Bedeutung.

Die beschriebenen thierischen Organismen können ihr Dasein meistens nur in stark verunreinigten Wässern dauernd erhalten; sie ergänzen das durch andere Untersuchungs-Befunde gekennzeichnete Bild. Vereinzelte Exemplare bieten keinen Grund, ein solches Wasser zu verwerfen; denn eine direkte oder indirekte schädliche Wirkung dieser Wesen ist bisher noch nicht bekannt.

Von den pflanzlichen Gebilden sind die Algen unschuldiger Natur; einzelne Fäden derselben finden sich fast in jedem Wasser, namentlich, wenn es länger gestanden hat, wie in Seen und Teichen; sie finden nur Beachtung, wo sie in grösserer Menge auftretend eine Veränderung der sichtbaren Beschaffenheit des Wassers hervorrufen.

Die Anwesenheit von Schimmel und Hefen kann ausnahmsweise den Rückschluss auf die Zufuhr gewisser Abwässer gestatten; so finden sich letztere zuweilen in denen von Brauereien. (*Saccharomyces cerevisiae*.)

Die Fadenbakterien werden zuweilen unbequem, indem sie durch ihre massenhafte Entwicklung Verstopfungen der Leitungsrohre veranlassen. Die *Crenothrix*arten sind in dieser Hinsicht gefürchtet, namentlich wenn sie in eisenhaltigem Wasser wuchern.

Eine gesundheitsschädigende Wirkung kommt allen diesen niederen Pflanzen nicht zu.

Von grösserer Bedeutung für die Beurtheilung des Wassers als die mikroskopische ist die bakteriologische Untersuchung. Zunächst ist der Herkunft der Bakterien eine besondere Beachtung zu schenken. Eine Häufung von Fäulnisbakterien spricht immer für eine Zufuhr zersetzungsfähiger organischer Masse.

Das Auftreten von solchen Formen, welche im Darmkanal zur Beobachtung gekommen sind, wie beispielsweise das *Bacterium coli commune*, bedingt stets den Ausschluss des Wassers vom Gebrauch und Genuss, selbst wenn pathogene Arten nicht nachweisbar sind. Was die zulässige Anzahl dieser kleinsten Lebewesen betrifft, so lassen sich bestimmte Grenzzahlen hierfür nicht angeben. Wir verlangen, dass das für den Genuss und Gebrauch bestimmte Wasser reinem Quellwasser ähnlich sei; der Regel nach soll dieses keine oder sehr wenige Bakterien enthalten, jedoch gehören solche Befunde zu den Seltenheiten und man wird Zahlen wie 25, 50 oder 90 immerhin als ein zufriedenstellendes Resultat anerkennen müssen. Bei den zu Tage liegenden Gewässern und insbesondere bei diesen, wenn sie vor der Benutzung einem Reinigungsverfahren unterworfen werden, wird man die Grenze noch weiter hinausrücken dürfen; dieselbe sollte jedoch namentlich in letzterem Falle erfahrungsgemäss die Zahl 100 nicht überschreiten, vorübergehende, nur kurz andauernde Ausnahmen ausgeschlossen. Bei Versorgung aus offenen Gewässern ist eine fortlaufende Kontrolle des Bakteriengehaltes zu Zeiten von Epidemien angezeigt.

Insofern es sich nicht um die direkte Beurtheilung eines Trinkwassers handelt, ist die Anzahl der Bakterien geeignet, zur Kenntniss der Lokalisierung einer entsprechenden Verunreinigung beizutragen.

Jeder Befund von pathogenen Mikroorganismen, und sei derselbe auch nur ein einzelner, schliesst das Wasser immer vom Genusse und häuslichen Gebrauch, sowie auch vom gewerblichen, insofern die Möglichkeit einer Infektion gegeben ist, völlig aus.

Einer Art niederster Lebewesen, der Plasmodien, ist in diesem Buche nicht gedacht, wiewohl in neuester Zeit Anzeigen dafür bestehen, dass auch sie bei den Infektionskrankheiten eine Rolle spielen. Die Methoden ihres Nachweises sind noch nicht in dem Maasse erforscht, um sie auf die Untersuchung des Wassers anwendbar zu machen.

Atomgewichte

nach L. Meyer und Seubert auf eine Decimale abgekürzt.

Name	Zeichen	Atom- gewicht	Name	Zeichen	Atom- gewicht
Aluminium . .	Al	27,0	Molybdän . .	Mo	95,9
Arsen	As	74,9	Natrium . . .	Na	23,0
Barium	Ba	136,9	Nickel	Ni	58,6
Blei	Pb	206,4	Palladium . .	Pd	106,2
Bor	B	10,9	Phosphor . .	P	31,0
Brom	Br	79,8	Platin	Pt	194,3
Calcium	Ca	39,9	Quecksilber .	Hg	199,8
Chlor	Cl	35,4	Sauerstoff . .	O	16,0
Chrom	Cr	52,4	Schwefel . .	S	32,0
Eisen	Fe	55,9	Silber	Ag	107,7
Jod	J	126,5	Silicium . . .	Si	28,0
Kalium	K	39,0	Stickstoff . .	N	14,0
Kohlenstoff . .	C	12,0	Uran	U	239,8
Kupfer	Cu	63,2	Wasserstoff .	H	1,0
Magnesium . .	Mg	23,9	Zink	Zn	64,9
Mangan	Mn	54,8	Zinn	Sn	117,4

Sachregister.

- A**bfallstoffe 11.
Abpumpen 6.
Abwässer 14.
Acinetinae 95.
Ackerkultur 11.
Actinophrys Eichhornii 95.
Aëroben 149.
— fakultative 149.
Aetzbaryt 42.
Agar 121.
— -Platte 128, 132.
— — zum Choleranachweis 155.
— -Röhrchen 122.
Algen 100.
— -Beurtheilung 169.
Alkalische Bleilösung 34.
Alkalimetalle, Bestimmung 67.
— Beurtheilung 167.
Amoeba princeps 94.
Ammoniak, albuminoides 72.
— Beurtheilung 166.
— in Luft 3.
— qualitativer Nachweis 69.
— quantitative Bestimmung 70.
Ammoniumchlorid, Vergleichsflüssigkeit 70.
Ammoniummolybdat 54.
Ammoniumphosphormolybdat 55.
Anaëroben 149.
Anchylostomum duodenale 93.
Anguillula aquatica 100.
Anilin 143.
Anorganische ungelöste Bestandtheile, Beurtheilung 168.
Aräometer 18.
Arcella vulgaris 94.
Armstrong-Frankland, Ammoniakbestimmung 70.
Arsen, Beurtheilung 168.
— qualitativer Nachweis 78.
Arsenigsäures Natrium 34.
Artesische Brunnen, Entnahme 7.
Arthropoden 100.
Artbestimmung der Keime 138.
Ascaris lumbricoides 92.
Aspergillus 103.
Atomgewichte 171.
Aufgussthierchen 95.
Ausstrichpräparat 142.
Azofarbstoff 51.
Azolithmin 45.
Bacillen 108.
Baerthierchen 100.
Bakterien, Beurtheilung 169.
— Bewegung 145.
Bakterium coli 154.
Bakterien, Formen 107, 141.
— Herkunft 109.
— Lagerung 141.
— Nachweis 113.
— Vermehrungsfähigkeit 112.
— Untersuchung 127.
Barytröhren, Petterkofer'sche 41.
Baryumsalzlösung zur Titerstellung der Seife 64.
Baryumsulfat 31.
Barytwasser, Aufbewahrung 44.
— Kohlensäurebestimmung 42.
Baumwollfasern 90.
— Beurtheilung 168.
Beggiatoa alba 105.
Beizung 145.
Bergwerke 11.
Berliner Blau 74.
Bikarbonate, Definition 37.
Bismarkbraun 51.
Blei, Beurtheilung 168.
— gewichtsanalytische Bestimmung 80.
— kolorimetrische Bestimmung 81.
— qualitativer Nachweis 77.
Bleilösung, alkalische 34.
Bleinitrat, Vergleichsflüssigkeit 81.

- Bleipflaster 64.
 Bleisulfid 33.
 Blutserum 123.
 Boden, Bakterienwirkung 3.
 — Beschaffenheit 11.
 — Filtration 3.
 — Oxydationsvorgänge 3.
 — Poren 3.
 — physikalische Eigenschaften 3.
 — undurchlässige Schicht 3.
 Bohrlöcher, Entnahme aus 7.
 Bolton 126.
 Bothriocephalus latus 92.
 Bouillon 123.
 — -Kultur 147.
 Brutschrank 148.
 Brucin 47.
 Brunnenverunreinigung 11.

Calcium, Bestimmung nach Mohr 60.
 — Beurtheilung 166.
 — gewichtsanalytische Bestimmung 58.
 — qualitativer Nachweis 57.
 Cercomonas longicauda 96.
 — termo 96.
 Chantemesse 153.
 Chemische Analyse, Gang 83.
 — Zweck 162.
 — Zusammenstellung d. Ergebnisse 85.
 Chlorbestimmung, gewichtsanalytisch 27.
 — durch Titration 28.
 Chlorbaryumlösung 30, 31.
 Chlornatriumlösung zur Titerstellung 29.
 Chlorophyllkörner 89.
 Chlorverbindungen, Beurtheilung 164.
 — Verhütung des Verlustes 23.
 Cholerabakterien, Wachsthum 155.
 Choleraroth 156.
 Chrookokkus turgidus 101.
 Ciliatae 95.
 Cladothrix 106.
 Clark, Härtebestimmung 63.
 Crenothrix polyspora 105.
 Cyclops quadricornis 100.

Dampftopf 120.
 Deckglas, Aufbewahrung und Reinigung 142.
 Dendromonadinae 97.
 Dendromonas virgaria 97.
 Diatomeen 101.
 Diffugia oblonga 94.
 Diffusion 6.
 Dileptus margaritifer 97.
 Diphenylamin 47.
 Diskontinuierliche Sterilisation 125.
 Distomum hepaticum 93.
 — lanceolatum 93.
 Düngergrube 11.
 Durchschnittsprobe 5.

Ehrlich'sche Gentianaviolettlösung 143.
 Eingeweide-Würmer, Eier von 92.
 Ei von Anchylostomum duodenale 93.
 — — Ascaris lumbricoides 92.
 — — Bothriocephalus latus 92.
 — — Distomum hepaticum 93.
 — — — lanceolatum 93.
 — — Oxyuris vermicularis 93.
 — vom Spulwurm 92.
 — von Taenia saginata 92.
 — — — solium 92.
 — — Trichocephalus dispar 93.
 Eisenalaun 75.
 Eisenberg 138.
 Eisen, Beurtheilung 167.
 Eisenoxydhydrat, Trübung durch 17.
 Eisen, qualitativer Nachweis 74.
 — quantitative Bestimmung 75.
 Entnahme des Wassers 5, 114.
 Entnahmekorb 7.
 Erdalkalien, Nachweis 57.
 Esmarch, Kartoffelnährboden 126.
 — Zählapparat 136.
 Euglenidae 96.
 Euglena oxyuris 96.
 — spirogyra 96.
 — viridis 96.

Fakultative Aëroben 149.
 Fäkalien 11.
 Färbung der Bakterien 144.
 — des Wassers 11, 16.
 Fadenbakterien 104.
 — Beurtheilung 169.
 Faist-Knaus, Härtegrade 65.
 Farblosigkeit, Beurtheilung 160.
 Farblösungen 143.
 Farbstoffbildung der Bakterien 139.
 — der Hefen 104.
 Farbenveränderung des Rückstandes 23.
 Ferrirhodanid 74.
 Ferrisalz als Vergleichsflüssigkeit 75.
 Feuchte Kammer 130.
 Flachs 90.
 Flagellatae 95.

Fluss, Probenentnahme 6.
— Wassermenge 13.
Formation, geologische 11.
Fränkel, C. 138.
Frankland-Armstrong 70.
Fuchsin-Karbolsäure-Lösung nach Ziehl 143.
Gasbildung der Bakterien 150.
Gebrauchsmittel, Wasser als 2.
Gefässe für Wasserproben 7.
Geisselfärbung 145.
Geisselinfusorien 95.
Gelatine 117.
— mit Agar 133.
— nach Holz 154.
— -platte 128, 131.
— -röhrchen 119.
Gentianaviolettlösung nach Ehrlich 143.
Genussmittel, Wasser als 2.
Geologische Formation 11.
Géré 153.
Geruch, Beurtheilung des 160.
— des Rückstands beim Glühen 23.
— des Wassers 10, 19.
— — — Beurtheilung 160.
Gesammthärte 63.
Geschmack des Wassers 10, 19.
— — — Beurtheilung 160.
Gewerbliche Betriebe, Verunreinigung durch 4.
Giessapparat 129.
Gips 11.
Glasbänkchen 131.
Glasplatten 130.
Gliederfüssler 100.
Glühverlust, Bestimmung 22.
— Beurtheilung 163.
Globig 126.
Glycerinagar 122.
Gram, Färbemethode 144.
Grenzwerte 158.
Grösse der Wasserprobe 9.
Grund, Beschaffenheit des 6.
Grundluft 3.
Grundwasser 3.
Gruppierung der Säuren 86.
Günther 126.
Haare 90.
— Beurtheilung 168.
Hängender Tropfen 145.
Härtegrad, deutscher, englischer, französischer 62.

Härtegrade, Bestimmung 65.
— Beurtheilung 167.
Härtebestimmung nach Clark 63.
Härte, permanente, temporäre 65.
Hagel 2.
Hanf 90.
Hefen, Beurtheilung 169.
Hefepilze 103.
Hehner'sche Cylinder 53.
Heissluftschrank 120.
Heisswassertrichter 118.
Heliozoen 95.
Heterotricha 97.
Heyroth, Entnahmekorb 7.
— Zählapparat 135.
Holotricha 97.
Holz, Gelatine 154.
Holzschleifereien 89.
Holzstoffabriken 89.
Hüppe 126.
Huminsubstanzen 11.
Hypotricha 97.
Impfmaterial, Einspritzen, Inhalation, Verfüttern 151.
Impfnadel 142, 147.
Impfung, subkutane 151.
Indigodisulfosäure 48.
Indigolösung 47, 48, 49.
Indigomonosulfosäure 48.
Indigotin 48.
Indolreaktion 156.
Infusorien 95.
Insektentheile 89.
Jod-Jodkalilösung 144.
Jodlösung, $\frac{1}{10}$ normale 34.
Jodzinkstärkelösung 48, 51.
Isatinschwefelsäure 47.
Isolirung der Keime 127.
Kainit 11.
Kaliumammoniumchromatlösung, $\frac{1}{10}$ normale 31.
Kaliumpermanganat, Bestimmung der organischen Substanzen 25, 29.
— des Calciums 60.
Kalium, Bestimmung 68.
Kammer, feuchte 130.
Karamellösung 16.
Kartoffel 125.
— alkalische 127.
— -Kulturen im Reagenzglase 126.
Karboll-Fuchsinlösung nach Ziehl 143.
Keimzahl, Berechnung der 138.

Kieselsäure, Bestimmung 72.
 — Beurtheilung 167.
 Klarheit, Beurtheilung 160.
 Klatschpräparat 141.
 Knaus-Feist, Härtegrade 65.
 Koch, Choleranachweis 155.
 Kochsalzlösung zur Titerstellung 29.
 Kokken, ovale 107.
 Kolonien, Grösse 140.
 — makroskopisches Aussehen 139.
 — mikroskopisches Aussehen 139.
 Konjugaten 102.
 Kohlensäure, Bestimmung der freien 46.
 — — der freien u. halbgebundenen 45.
 — Bestimmung der gesammten 37.
 — der Luft 3.
 — Ergänzung der entwichenen 21, 22.
 — freie, Beurtheilung 165.
 — halbgebundene, Beurtheilung 165.
 — völlig gebundene, Beurtheilung 165.
 — qualitativer Nachweis 37.
 Krankheitssymptome, Beobachtung 151.
 Kreislauf des Wassers 2.
 Kubel-Tiemann, Bestimmung der organischen Substanzen 23.
 Küchenabwässer 90.
 Kunstdünger 11.
 Kupfer, Beurtheilung 168.
 — gewichtsanalytische Bestimmung 82.
 — kolorimetrische Bestimmung 82.
 — qualitativer Nachweis 77.
 — -sulfat, Vergleichsflüssigkeit 82.

Lackmoid 45.
 Lackmustinktur 45.
 Landwirthschaft 11.
 Lehm 88.
 Lepsius, Entnahme-Apparat 9.
 Lichtwirkung auf Bakterien 133.
 Löffler, Geisselfärbung 145.
 — Methylenblaulösung 143.
 Lösungsfähigkeit des Wassers 3.
 Lustig 138.

Magnesiamischung 57.
 Magnesium, Beurtheilung 166.
 — gewichtsanalytische Bestimmung 59.
 — qualitativer Nachweis 58.
 — -pyrophosphat 56.
 Marsh'scher Apparat 78.
 Marx-Trommsdorff, Bestimmung der Salpetersäure 48.

Metaphenyldiamin 50.
 Methylenblaulösung nach Löffler 143.
 Meteorologische Verhältnisse 13.
 Mikrocystis marginata 101.
 Mikrokokken 107.
 Mikroskopische Untersuchung des Wassers 88.
 Mikrotom 152.
 Mohr, Bestimmung des Calcium 60.
 — Titrimethode des Chlors 28.
 Monadinae 96.
 Monas guttula 96.
 Monokarbonate, Definition 36.
 Moor 11.
 Mucor 103.
 Muskelfasern 91.
 — Beurtheilung 169.

Nachweis des Choleravibrio 154.
 Nährböden, Bereitung 117.
 Nahrungsstoff, Wasser als 1.
 Natriumarsenitlösung, $\frac{1}{10}$ normale 34.
 Natrium-Bestimmung 69.
 Nebel 2.
 Nessler's Reagenz 69, 71.
 Niederschläge, Entstehung 2.
 Niederschlagsmengen 13.
 Niederschlagswasser, Schicksal des 3.
 Nitratlösung 49.
 Nitritlösung 51.
 Nitroprussidnatrium 34, 36.
 Nostoc sphaericum 101.

Obduktion inficirter Thiere 152.
 Oberflächenwasser, Veränderung des 4.
 Objektträger, hohlgeschliffener 146.
 — Kultur 147.
 Oertliche Verhältnisse, Berücksichtigung 11.
 Organismen, pflanzliche, Beurtheilung 169.
 — thierische, Beurtheilung 169.
 Organische Substanzen, Bestimmung 23.
 Ortschaften 11.
 Ovale Kokken 107.
 Oxalsäure, Bestimmung des Calciums 60.
 — Bestimmung der Kohlensäure 42.
 — Bestimmung der organischen Substanzen 25.
 Oxydationsgrösse, Ausdrucksweise 26.
 — Beurtheilung 163.
 Oxyuris vermicularis 93.

Pandorina morum 97.
 Paramaecium bursaria Focke 98.
 Parietti 153.
 Pathogene Mikroorganismen, Nachweis der 152.
 Penicillium 103.
 Peritricha 97.
 Permanente Härte 63.
 Peptonkultur 155.
 Petri'sche Schalen 131.
 Pettenkofer'sche Barytröhren 41.
 Pettenkofer, Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure 45.
 Pflanzliche Fasern 90.
 Pflanzenreste 89.
 — Beurtheilung 168.
 Pfeiffer, R. 138.
 Phenolphthaleinlösung 42.
 Phialina vermicularis 97.
 Phosphorit 11.
 Phosphorsäure, Beurtheilung 166.
 — gewichtsanalytische Bestimmung 55, 56.
 — qualitativer Nachweis 54.
 — quantitative Bestimmung 55.
 Phosgen 125.
 Physikalische Prüfung 15.
 Plasmodien 170.
 Platinnadel 142.
 Pleurosigma attenuatum 102.
 Podophrya elongata 97.
 Pollenkörner 89.
 Probenentnahme, Allgemeines 5.
 — Ausführung 7.
 Pyknometer 17.
 Pyrogallol 150.

Quarzsplitter 89.
 Quelle 3.
 — Probenentnahme 5.

Räderthierchen 99.
 Reaktion des Wassers 10.
 Regen 2.
 Regenmengen 13.
 Reichardt 11, 161.
 Reinheit, Beurtheilung 160.
 Reinigung der Probegefäße 7.
 Reinkultur 146.
 Rhizopoden 94.
 Rollröhrchen 132.
 Rotatorien 99.
 Rothgluth, dunkle 22.
 Rotifer vulgaris 99.

Ohlmüller.

Rose'sche Tiegel 80.
 Rosolsäure 37.
 Roux 126.
 Rückstand, Anzeichen für organische Bestandtheile 23.
 — Bestimmung 21.
 — Beurtheilung 162.
 — Farbenveränderung 23.
 — Geruch beim Glühen 23.

Saccharomyces cerevisiae 104.
 Säuren, Gruppierung der 86.
 Salpetersäure, Beurtheilung 166.
 — qualitativer Nachweis 47.
 — quantitative Bestimmung 48.
 Salpetrige Säure, Beurtheilung 166.
 — qualitativer Nachweis 50.
 — quantitative Bestimmung 51.
 Salzhaltige Beimengungen 6.
 Sauerstoffaufnahme des Wassers 13.
 Sauerstoff, Bestimmung 57.
 Sauerstoff der Luft 3.
 — Züchtung ohne 149.
 Schimmel, Beurtheilung 169.
 — Bildung in Oxalsäure 26.
 Schimmelpilze 102.
 Schnee 2.
 Schnittpräparate 152.
 Schöpftthermometer 10.
 Schwefelarsen 35.
 Schweflige Säure in Luft 3.
 Schwefelsäure, Bestimmung nach Wildenstein 31.
 — Beurtheilung 165.
 — gewichtsanalytische Bestimmung 30.
 — qualitativer Nachweis 30.
 Schwefelwasserstoff, Beurtheilung 165.
 — in Luft 3.
 — qualitativer Nachweis 33.
 — quantitative Bestimmung 34.
 Schwefelwasserstoffwasser 34, 35.
 Sedimentirung 12.
 See, Probenentnahme 6.
 Seide 90.
 Seifenlösung 64.
 Selbstreinigung 4, 12.
 Siel 11.
 Silbernitrat 28, 29.
 Sinkstoffe 7.
 Sonnenthierchen 95.
 Specifisches Gewicht 17.
 Spirillen 108.
 Sporenbildung 108.

- Sporenfärbung 144.
 Spülung der Probegefäße 7.
 Spulwurm 92.
 Stärkekörner 91.
 — Beurtheilung 169.
 Stärkelösung, Bereitung 36.
 Stalldünger 11.
 Staphylokokken 107.
 Staub in Luft 3.
 Stauvorrichtung 13.
 Steinschleifereien 89.
 Stentor polymorphus 98.
 Sterilisation, diskontinuirliche 125.
 Sterilisirungsapparat für Blutserum 124.
 Stichkultur 146.
 Stollenwasser 11.
 Streptokokken 107.
 Strichkultur 147.
 Strömungsgeschwindigkeit 12.
 Stytonichia pustulata 98.
 Subkutane Impfung 151.
 Sumpf 11.
 Suspendirte Bestandtheile 162.
 — — Bestimmung 20.

Taenia saginata 92.
 — solium 92.
 Teiche, Probenentnahme 6.
 Temperatur, Beurtheilung 161.
 — der Probe 10.
 — des Wassers 15.
 Temperaturschwankungen des Wassers 161.
 Temporäre Härte 63.
 Thermometer 16.
 Thermoregulator 148.
 Thierische Reste, Beurtheilung 168.
 Thierexperiment 150.
 Thierversuch zum Choleranachweis 156.
 Thoinot 153.
 Thomasschlacke 11.
 Thon 88.
 Thonerde, Bestimmung 73.
 — Beurtheilung 167.
 Tiefenmessung 8.
 Tiemann-Kubel 24.
 Torf 11.
 Triamidobenzol 51.
 Trichocephalus dispar 93.
 Trillich 37.
 Trommsdorff, Bestimmung der salpetrigen Säure 51.
 Trommsdorff-Marx, Bestimmung der Salpetersäure 48.
 Tropfen, hängender 145.
 Typhusbacillus, Nachweis 153.

Ufferrand, Entnahme am 6.
 Umfüllungsapparat für Gelatine 119.
 Untersuchungsergebnisse, Beurtheilung 158.

Verdünnungsmethode 148.
 Verfütterung des Impfmateri als 151.
 Vermes 99.
 Vermischung des Wassers 12.
 Vibrionen 108.
 Vidal 153.
 Vincent 153.
 Volvocinae 96.
 Vorticella mikrostoma 98.
 Vorübergehende Härte 63.

Waldkultur 11.
 Wasserdampf 2.
 Wassermilben 100.
 Wasserverlust 1.
 Wehr 13.
 Wellenbewegung 4.
 Wetter 4.
 Wiesenkultur 11.
 Wimperinfusorien 95.
 Windrichtung 13.
 Windstärke 13.
 Wolffhügel, Zählapparat 134.
 Wolkenbildung 2.
 Wollfasern 90.
 — Beurtheilung 168.
 Woulf'sche Flasche 78.
 Würmer 99.
 Wurzelfüssler 94.

Zapfstelle 6.
 Zählapparat nach Esmarch 136.
 — — Heyroth 135.
 — — Wolffhügel 134.
 Zählung der Keime 133.
 Zink, Beurtheilung 168.
 — gewichtsanalyt. Bestimmung 82.
 — kolorimetrische Bestimmung 83.
 — qualitativer Nachweis 77.
 Zinksulfat, Vergleichsflüssigkeit 83.
 Ziehl'sche Lösung 143.
 Zygonium pectinatum 102.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Das Wasser,

seine Verwendung, Reinigung und Beurtheilung mit besonderer Berücksichtigung
der gewerblichen Abwässer.

Von

Dr. Ferd. Fischer.

Zweite umgearbeitete Auflage.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen.

Preis in Leinwand geb. M. 8,—.

Hilfsbuch für Nahrungsmittelchemiker

auf Grundlage der Vorschriften betreffend die Nahrungsmittelchemiker-Prüfung.

Von

Dr. Alfons Bujard und Dr. Eduard Baier

Chemiker am städtischen chemischen Laboratorium in Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen.

Preis in Leinwand gebunden M. 8,—.

Chemie

der

menschlichen Nahrungs- und Genussmittel.

Von

Dr. J. König,

o. Hon.-Professor der Kgl. Akademie und Vorsteher der agrik. chem. Versuchsstation in Münster i. W.

Erster Theil:

Chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Nach vorhandenen Analysen mit Angabe der Quellen zusammengestellt. Mit einer Einleitung über die Ernährungslehre. Dritte sehr vermehrte und verbesserte Auflage. Mit in den Text gedruckten Abbildungen. In Leinwand gebunden Preis M. 25,—.

Zweiter Theil:

Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, ihre Darstellung, Zusammensetzung und Beschaffenheit, ihre Verfälschungen und deren Nachweis. Dritte, sehr vermehrte und verbesserte Auflage. Mit in den Text gedruckten Holzschnitten. In Leinwand gebunden Preis M. 30,—.

Chemisch-technische Untersuchungsmethoden

der

Gross-Industrie, der Versuchsstationen und Handelslaboratorien.

Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen
herausgegeben von

Dr. Fr. Böckmann,

Chemiker der Deutschen Solvay-Werke in Saaralben.

Zwei Bände.

Mit 194 Abbildungen. — Dritte vermehrte und umgearbeitete Auflage.

Preis M. 32,— ; geb. in 2 Halblederbänden M. 36,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

**Die
Preussischen Apothekengesetze**

mit
Einschluss der reichsgesetzlichen Bestimmungen
über den
Betrieb des Apothekergewerbes.

Von
Dr. H. Böttger.

Preis in Leinwand gebunden M. 5,—.

Die neueren Arzneimittel.

Für Apotheker, Aerzte und Drogisten

bearbeitet von

Dr. Bernhard Fischer.

Sechste Auflage.

Mit in den Text gedruckten Holzschnitten.

Preis gebunden M. 7,—.

Handbuch der Arzneimittellehre.

Mit besonderer Rücksichtnahme auf die neuesten Pharmakopöen
für Studierende und Aerzte

bearbeitet von

Dr. Theodor Husemann.

Dritte Auflage des Handbuches der gesamten Arzneimittellehre.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Pharmakognostischer Atlas.

Mikroskopische Darstellung und Beschreibung
der

in Pulverform gebräuchlichen Drogen.

Von

Dr. J. Moeller,

o. ö. Professor der Pharmakologie und Pharmakognosie an der Universität Innsbruck.

110 Tafeln in Lichtdruck mit erklärendem Text.

Preis M. 25,—.

(Kann auch in 5 Lieferungen zu je M. 5,— bezogen werden.)

Die Arzneimittel der organischen Chemie.

Für Aerzte, Apotheker und Chemiker

bearbeitet von

Dr. Hermann Thoms.

Preis in Leinwand gebunden M. 3,60.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Die Untersuchung des Pulses

und ihre
Ergebnisse in gesunden und kranken Zuständen.

Von

Dr. M. v. Frey,

Professor an der Universität Leipzig.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Holzschnitten.

In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Mikroskopie und Chemie am Krankenbett.

Leitfaden bei der klinischen Untersuchung und Diagnose.

Für Aerzte und Studirende

von

Dr. H. Lenhartz,

Professor an der Universität Leipzig.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen und drei Tafeln in Farbendruck.

In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Lehrbuch der Geburtshülfe.

Von

Dr. Max Runge,

ord. Professor der Geburtshülfe und Gynäkologie und Direktor der Universitäts-Frauenklinik zu Göttingen.

Mit zahlreichen Abbildungen im Text.

Zweite Auflage.

In Leinwand gebunden Preis M. 9,—.

Die Krankheiten der oberen Luftwege.

Aus der Praxis für die Praxis.

Von

Prof. Dr. Moritz Schmidt.

Mit 132 Abbildungen im Text und 7 Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 15,—.

Medicinisch-klinische Diagnostik.

Lehrbuch

der Untersuchungsmethoden innerer Krankheiten

für Studirende und Aerzte.

Von

Dr. Felix Wesener.

Mit 100 Figuren im Text und auf 12 lithographirten Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Zeitschrift für angewandte Chemie.

Organ der Deutschen Gesellschaft für angewandte Chemie.

Herausgegeben von

Dr. Ferdinand Fischer

in Göttingen.

Erscheint am 1. und 15. eines jeden Monats.

Preis für den Jahrgang von 24 Heften M. 20,—.

(Im Buchhandel auch Vierteljahresabonnements für M. 5,—.)

Die Zeitschrift erscheint 2 mal monatlich in Heften von etwa 32 Seiten und berichtet, unterstützt von hervorragenden Fachleuten, in übersichtlicher Anordnung über alle das Gesamtgebiet der angewandten Chemie betreffenden Vorkommnisse und Fragen in Originalarbeiten und in Berichten aus etwa 170 deutschen und ausländischen Zeitschriften, sowie über die hierher gehörenden Patente des In- und Auslandes.

Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.

Wöchentlich eine Nummer.

Preis halbjährlich M. 5,—.

Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Beilieferungen zu den Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.

Erster Band.	Mit 13 Tafeln und in den Text gedruckten Holzschnitten . . .	Preis M. 26,—.
Zweiter Band.	Mit 6 Tafeln und in den Text gedruckten Holzschnitten . . .	= = 22,—.
Dritter Band.	Mit Abbildungen im Text, 30 Tafeln und einem Titelbilde . . .	= = 30,—.
Vierter Band.	Mit Abbildungen im Text . . .	= = 18,—.
Fünfter Band.	Mit 14 Tafeln und Abbildungen im Text . . .	= = 28,—.
Sechster Band.	Mit 6 Tafeln und Abbildungen im Text . . .	= = 23,—.
Siebenter Band.	Mit 22 Tafeln und in den Text gedruckten Abbildungen . . .	= = 36,—.
Achter Band.	Mit 26 Tafeln und Abbildungen im Text . . .	= = 45,—.
Neunter Band.	1. Heft. Mit 7 Tafeln und in den Text gedruckten Abbildungen . . .	= = 10,—.
	2. Heft. Mit 11 Tafeln und in den Text gedruckten Abbildungen . . .	= = 16,—.

Die größeren wissenschaftlichen Arbeiten zc. aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte erscheinen unter obigem Titel in zwanglosen Heften, welche zu Bänden von 40—50 Bogen vereinigt werden.

Die Abonnenten der „Veröffentlichungen“ können diese „Arbeiten“ zu einem um 20% ermäßigten Preise beziehen.

Therapeutische Monatshefte.

Herausgegeben von

Dr. Oscar Liebreich

unter Redaction von

Dr. A. Langaard und **Dr. S. Rabow.**

Preis für den Jahrgang von 12 Heften M. 12,—.

Die „Therapeutischen Monatshefte“ sollen dem in bemerkenswerther Weise gesteigerten Interesse für alle Fragen, welche die Therapie betreffen, und dem Verlangen nach einem Organe, welches in streng wissenschaftlicher Weise den Bedürfnissen des praktischen Arztes auf dem Gebiete der Therapie entspricht, Rechnung tragen.

Mitte jedes Monats erscheint ein Heft von 6 Bogen Umfang.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Ohlmüller, Wilhelm

Die Untersuchung des Wassers ein Leitfaden zum Gebrauch im Laboratorium für
Ärzte, Apotheker und Studierende ; mit 75 Textabbildungen und einer
Lichtdrucktafel

Berlin 1894

Chem. 242 o

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11582266-1